"十一五"国家重点图书出版规划项目·科技史文库



中国古代天文学的转轨与近代天文学

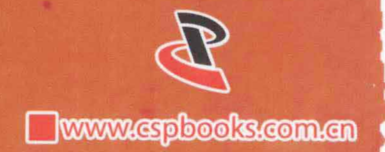
杜昇云 崔振华 苗永宽 肖耐园 主编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

中国天文学史大系





定价：84.00元

"十一五"国家重点图书出版规划项目·科技史文
国家科学技术学术著作出版基金资助出

中国天文学史大系

中国古代天文学的转轨与近代天文学

杜昇云 崔振华 苗永宽 肖耐园 主编

中国科学技术出版社
·北京·

图书在版编目(CIP)数据

中国古代天文学的转轨与近代天文学/杜昇云等主编. 一北京：中国科学技术出版社，2012.7

(中国天文学史大系)

ISBN 978-7-5046-6136-4

Ⅰ.中…　Ⅱ.①杜…　Ⅲ.①天文学史-中国-古代　②天文学史-中国-近代　Ⅳ.①P1-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 158214 号

选题策划　吕建华　许　英
责任编辑　许　英　余　君
封面设计　赵　鑫
责任校对　林　华
责任印制　王　沛

出　　版　中国科学技术出版社
发　　行　科学普及出版社发行部
地　　址　北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮　　编　100081
发行电话　010－62173865
传　　真　010－62179148
网　　址　http://www.cspbooks.com.cn

开　　本　787mm×960mm　1/16
字　　数　426 千字
印　　张　23.75
印　　数　1—1500 册
版　　次　2013 年 1 月第 1 版
印　　次　2013 年 1 月第 1 次印刷
印　　刷　北京华联印刷有限公司

书　　号　ISBN 978-7-5046-6136-4/P·164
定　　价　84.00 元

《中国天文学史大系》编委会

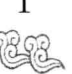


总 序

中国古代天文学建树非凡，遗泽久长，是我们民族的骄傲。我一直怀着崇敬的心情向往着这份文化珍宝。只是数十年漫漫学海中有许多错过的机缘，以致今天仍还像是一个鹄立在圣殿门前的朝圣者，终未能进入门庭。尽管如此，我仍然感受到很大的喜悦、有幸在新中国成立初期百废待兴之际，见证了在竺可桢先生的倡导下，中国古代天文研究跨出了前所未有的聚集人才、系统“攻关”的步骤，而从那时起经两代人的努力，资料齐集，成绩斐然。如今又促成了这一由中国科学院自然科学史研究所牵头，组织全国各单位的天文学史研究者齐力完成的学术壮举——一部上起夏商，下逮近代，罗列我国古天文学万象的六百万言鸿篇巨制！

纯粹用现代科学的眼光审视古代天文学，首先，它是一门旨在认识天文世界——发现天文现象、探究天文规律的自然科学。这和今日的学科定位并无不同。其次，它是一门“观测的科学”，今日也仍然如此。如果把天文观测工具的“古”的界限设在天文望远镜应用之前，那么古代天文学眼界中所有的天体不超过7000个，这使得天文实测研究的对象限于几个太阳系天体的表象及其运行轨迹，星空的监测以及几千个恒星的定位和陈列。这些，中国和其他古代文明的情况基本上一致，可以认为是历史的必然。

与之相应的天文理性认知的探求，这样规模的“天”，相对于地上的万物和人间的万众，虽然仍然是伟大、永恒，但也显得比较简单、稳定，导致了我国古代“天覆地载，人居于中”、天地人“三才”协调的宇宙观。这在一方面形成了宇宙结构、天体演化、天人感应的种种学说，成为我国古代哲学思想的一个组成部分；另一方面，把天文实测结果的解释引向到“天文”与“地理”的相关性、“天道”与“人事”的相关性的探求。前者把“天”联到了“地”，导致了在“时政”、“编历”这些“国之大政”上的应用；后者把“天”联到了“人”，应用到了当时同样属于“国之大政”的“星占”。这



些“应用天文学”备受尊崇，历代政权为之设立专职，在设备投资、人员培训上享有优遇，结果在历史长卷中成为我国古代天文学发展的主线索：保持了天象监测的长期持续性、主导了一代代天文仪器、实测方法的研究和发展以及一代代历算方法(和有关数学)的研究和发展。由此形成的堪称完整的体系，加上求实、求精的敬业传统，为我们留下了大量宝贵的历史资料和学术资料(其中也包括了与之相互影响的历代官方与非官方的天文著述，也包括了频繁出现的天文文物)。这种由长期皇权统治产生的古代版的“任务带动学科”的发展模式，历史功过暂且不去评论，但这份“资料宝库”对于今日中国天文学史工作者来说则是巨大的学术资源，当然同时也是巨大的责任，要很好地发掘和整理。

继 20 世纪 70 年代后期天文史料的一次大规模整理，中国天文学史工作者“自 1979 年起开始思索：是否有可能编著一部与中国天文学的悠久历史和广阔的内涵相适应的中国天文学史著作？商议的结果便是《中国天文学史大系》构想的诞生”(薄树人先生语)。

天文学是我国古代最发达的自然科学之一，在华夏科学、文化史中是一个具有连贯性的组成部分。在《中国天文学史大系》(以下简称《大系》)的全套书结构中，《中国古代历法》、《中国古代天体测量学及天文仪器》、《中国古代星占学》、《中国古代天象记录的研究与应用》、《中国古代天文学思想》、《中国古代天文机构与天文教育》、《中国古代天文学家》各立一卷，以概全面。完成这样的一部《大系》，可谓是从一个重要的侧面来认识华夏文化的源与流。

近世 100 多年，华夏文化受西方文化的冲撞，激湍跌宕，对传统文化的理解和传承出现前所未有的震动，至今波澜未已。其间在天文学上体现为结束古代传统、“转轨”西化、进入近现代的航道。《大系》中所设的《中国古代天文学的转轨与近代天文学》一卷，阐述了这一时期的历史。

全套书中用《中国少数民族天文学史》一卷介绍了对同属华夏文化的发掘和整理，是一项开辟性的探索。另一卷《中国古代天文学词典》篇幅达 47 万字，对天文典籍阅读者是十分有用的工具，也是好伴侣。《大系》共 10 卷，每卷 40 万到 80 万字。格局齐整，足以副“大系”之称。这是当年我国一代中青年天文学史工作者“聚水成渠”的宏愿。回溯“五



四”运动大潮中，我国现代天文学的先驱者们在率先“西化”的同时就着力启动了我国古代天文学遗产的自力发掘和整理。60年过后我们喜见《大系》的构思(1979)，然后是构思落实为计划(1990)、诞生了文稿(1999)，现在文稿得以付梓(2007)完成了“多年修就的善果”(陈美东先生语)。

《大系》从构思到面世历时四分之一世纪。多位学者为之贡献了属于一生中最好的年华。他们如今青丝成雪，有几位且已过早地离开了我们。编委会主任薄树人先生从一开始就为《大系》的筹、编、写呕心沥血，奋斗到了最后一息(1997)。继后陈美东先生以令人钦佩的执著挑起担子，完了大家的宏愿。而他们二位在本书跋记中所透露的甘辛，或亦足以在相应历史中着上耐人寻思的一笔！

王绶琯

2007年7月于北京





前 言

在中国古代科学中，天文学是源远流长，具有鲜明民族特色和成就极为辉煌的学科之一，并早在战国时代就出现了赤道式测天仪器——浑仪，随后又发明了浑象。圭表、浑象和浑仪世代相传，经不断改进，成为历代灵台上的主要天文仪器，达到了很高的精度。对天象的观测和记录，更可追溯到史前。自有史以来，有关天象的记载就不绝于书，连绵亘远。从汉武帝时代起，历法就完全规范化，形成了特有的历法运算体系。中国古代天文学是中国古代社会政治、经济、军事、文化发展的产物，与中国古代社会自洽。

元代初期，郭守敬、王恂等天文学家的创造，将中国古代天文学推向顶峰。当时，天文仪器的测量水平，就青铜铸造和裸眼观测而言，其精度几乎达到极限。他们编制的"授时历"，集传统历法的精华，在制历理论和算法上又有新的创造，取得了空前的成就。

此后，中国古代天文学停滞不前并逐渐倒退。进入明代，局面并未改观，天文学虽然基本上能满足社会的需要，但已显现出明显的不足，尤其是日食、月食预报，误差很大。在朝野改历的呼声中，中国天文学开始了一个新的发展阶段。

明代后期，朝野都开始重视天文学的研究。但这一时期，世界天文学的格局出现了重大变化，欧洲发生了天文学革命，哥白尼学说冲破教会的束缚，使自然科学得到蓬勃的发展。望远镜的发明和成功地用于天文观测，更使欧洲天文学突飞猛进。从客观上看，中国失去了自我调整和发展的时机。

恰在此时，西方耶稣会传教士进入中国。他们虽然都有传教的职责，但都来自天文学革命的欧洲，都因新天文学对教会的冲击，在不同程度上卷入了这场冲突，因而多数人很关心天文学及其发展。由于早期进入中国的传教士利玛窦在天文学等方面有较高的造诣，又看中天文学是在中国传教的敲门砖，所以在他的请求下，随后由罗马教廷派往中国的





传教士，多数人懂天文学，其中有些人天文学学术水平还很高。进入中国后，他们就敏感地察觉到中国当时天文学的许多缺陷，因而置身于两种文化传统、两种天文学体系的交锋之中，起到了传播西方天文学的重要作用，逐步推动了中国传统天文学向西方近代天文学过渡的历史进程，中国古代天文学步入具有崭新特色的发展初期。

16世纪后期传教士进入中国之际，正值中国处于天文学的"饥渴"时期，对新的天文知识有着迫切的需要，一批顺应历史潮流的中国知识分子，拜传教士为师，学习、消化西方天文学知识，推动着西学东渐，促使中国古代天文学逐步改变体系，特别是转变天文学观念。中国传统天文学，是以天象观测和制历为皇权服务的，欧洲近代天文学是作为一门自然科学进行研究的，这是两种完全对立的对待天文学的态度。只有转变观念，将天文学当作自然科学来研究，中国天文学才能摆脱传统观念的束缚，走上健康的发展之路。

中国古代天文学的转轨经过一个相当漫长的过程，传统势力十分强大，不肯退出历史舞台，两种体系形成多次交锋。《崇祯历书》的编纂，启动了中国天文学体系的转轨。在奉旨编纂的国家历法中，大量采用西方天文学内容，将计算的原理纳入西方天文学体系，表现了新天文学体系的生命力；以魏文魁为首的东局是传统势力的代表，他们竟能说服皇帝达到阻挠颁发《崇祯历书》的目的，显示了传统势力的强大；清初《西洋新法历书》的颁用再一次表明新学的力量，为中国天文学体系的转轨创造了内部条件；杨光先的反扑将传教士汤若望送上黄泉路，在一个短时间内形成旧历法的"复辟"，传统体系出现短暂"辉煌"；南怀仁最后的胜诉，随着汤若望案件的平反昭雪，转轨得到继续。因"技不如人"，传统天文学势力一蹶不振；统治者的"规矩"仍使引进的西方天文学"就范"，天文学仍被看做是编历和择吉之类的"技艺"，在达到一定水平后就很难进一步发展。

鸦片战争以后，以哥白尼体系为主要内容的新天文学知识，首先被中国的先进知识分子利用为新的思想武器，向腐朽的社会制度进攻。它是天文学观念变化的产物，显示出新天文学作为思想武器的威力。

在哥白尼的《天体运行论》发表以后，近代天文学伴随着望远镜的发展而发展。没有以精良望远镜装备的天文台，就迈不上近代天文学的台阶。



中国近代最早出现的天文台，是帝国主义列强为使中国进一步殖民地化而修建的。从1842年起就有法国懂天文的传教士带着精良的望远镜先后来到上海，1844年开始观星报时，1877年建成徐家汇授时台，为外国船舰提供气象和时间服务。1899年，法国人决定在上海松江的佘山修建天文台。1901年，佘山天文台告竣，拥有当时世界一流的天文折射望远镜，除照相天体测量外还从事地磁、地震测量与监测工作。1898年，德国人在青岛建立海岸信号局，1900年在局内设气象天测所，也拥有赤道仪和测时仪器。辛亥革命以后，这些天文台先后收回，成了中国现代天文台的一部分。

中国完全凭借自己力量兴建的第一座现代天文台是1934年建成的南京紫金山天文台，隶属于南京国民政府的中央研究院。至此，中国天文学走上现代天文学发展之路。

我们这本书所写的，是中国天文学发展史上一个重要的历史阶段。在西学东渐的过程中，中国古代天文学体系缓慢地、逐步地向近代天文学过渡，并在摆脱殖民地危险的斗争过程中，完成了近代天文学向现代天文学的过渡。回顾这段历史，可以使我们全面认识中国古代天文学。要看到它的辉煌，也要看清它固有的缺陷。既讴歌中国现代天文学的建立，又清醒地看到它薄弱的基础。我国今日之天文学，是一代又一代天文学家奋斗的产物。老一辈中国天文学家的奋斗精神，是我们永久的财富。这种精神终将激励我们不懈努力，以跨入世界天文学的先进行列。



按原计划本书的两大部分是各自独立的两卷，后接受出版社关于篇幅均衡的意见，将其分成上下两篇合为一卷出版。上篇由崔振华、杜昇云主编，下篇由苗永宽、肖耐园主编。第一、二章由杜昇云撰写，三、四章由石云里撰写，五、八章由胡铁珠撰写，第六章由崔石竹、肖军撰写，第七章由徐登里、韩奇、李东生撰写，第九章由徐登里、杜昇云撰写，第十章由李东生撰写。下篇诸章由苗永宽，肖耐园撰写，参加编写和调查的还有周洪楠、杜瑞株、李勤等，在调查中得到有关单位的大力支持，在此一并致谢。

编 者

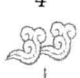
2007年5月

目　　录











上 篇



第一章　中国古代天文学的转轨

第一节　外因促进了天文学体系的变化

中国古代天文学萌芽于新石器时代，经过夏、商、周三代的发展，至春秋战国时期进入理论化和数量化的阶段，以后不断地繁荣、发展、完善，到宋元时期达到鼎盛。在漫长的历史发展过程中，中国古代天文学形成极具特色的体系，并与中国古代社会自洽。它满足了社会对天文学的需求，它的发展又不断促进整个社会科学文化的进步。

13 世纪末，经郭守敬、王恂、札马鲁丁等一批元代天文学家的努力，在天文观测与恒星测量、四海测验、历法计算和天文仪器等诸多方面，使中国天文学达到世界最高水平。但此后，中国天文学的发展就比较缓慢了，未有超出郭守敬水平的成果问世。14 世纪后半叶明王朝建立以后，在一个相当长的时期内，中国天文学仍然发展缓慢，历法研究水平远落后于元初。明代多次出现的改历呼吁，即是当时天文学已不能满足社会需求的反映。16 世纪末，鼓动改历和钻研历法的人多了，中国天文学研究开始复苏，但由于制历理论的研究停滞多年，人才断档，方法失传，因此重振中国天文学十分困难。

欧洲古代天文学有过古希腊天文学的辉煌，但它早于中国 8 个多世纪就出现长时期的停滞与倒退。教会对《圣经》的诠释代替了往昔对天体运动的追求，对上帝的信仰使人们遗忘了古希腊那些智慧的先驱；在测量过地球周长几百年后，教会又使人们相信大地是平的。更有甚者，6 世纪的一本《基督教地形学》[①]，附会大地形如基督教圣殿中桌面的形状，是东西方向长于南北方向的长方形。在被称做“黑暗时期”的 5－10 世纪，欧洲人的天文学观念大大落后。教会压制了科学，不但进一步加强了宗教势力，也使星占学有了良好的发展条件，人们把生活包括死后的希望寄托于上帝，也寄托于星占家的预言。天象不能用于解释自然，就被用于星占，一种将黄道十二宫和星辰运行与人相联系的占星术发展起来。[②]

10 世纪以后，许多阿拉伯科学著作被译成拉丁文，并由西班牙向英、法、德等

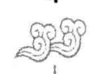
① 宣焕灿：《天文学史》，98～99 页，北京，高等教育出版社，1992。

② 宣焕灿：《天文学史》，第 98～99 页，北京，高等教育出版社，1992。



国传播。在欧洲消失多年的古希腊科学又经阿拉伯传回欧洲。例如杰拉尔德翻译了托勒密的《天文学大成》;13世纪末,法国人沙克罗波斯卡著《天球论》;15世纪中叶,维也纳大学的普尔巴哈以托勒密的书为基础编成《天文学手册》。可以说,当郭守敬等人创造东方天文学奇迹的时候,欧洲正为其天文学发展积蓄力量。随着文艺复兴运动的深入、航海事业的发展和伴随而来的地理大发现,科学思想对教会理论形成巨大冲击。在这一背景下,16世纪中叶哥白尼(Nicolaus Copernicus,1473—1543)《天体运行论》的发表,开辟了科学宇宙观战胜宗教思想束缚的主战场。教会内部出现众多的"异端徒",对教会的思想统治构成更大的威胁,所以教会对不给上帝留方寸存身之地的布鲁诺(Giordano Bruno,1548—1600)处以极刑。这一方面反映出当时教会内有不少人进行科学探索,另一方面反映出教会对这场斗争的极端重视。

由哥白尼开辟的欧洲天文学革命对教会产生了深刻的影响,而1540年成立的致力于复兴天主教的耶稣会适逢其时。尽管他们更为重视向海外派遣传教士,但他们也绝不能回避这场宇宙观之战。可以这样说:耶稣会传教士是带着欧洲天文学革命的信息走向海外的。他们之所以能从海上到达东方,就是基于地球是个球体的事实,他们就是新天文观念基础的实践者。不管他们究竟怎样认识宇宙,都已经受到了实际的影响——他们必然关心和了解这场关系宗教的大论战,即使已经远离欧洲,他们也不会对这场大论战漠不关心。事实上耶稣会在1551年就创立了罗马学院。这是一所有大学学制的教会大学。该学院著名的教师克拉维斯神甫(1537—1612),不但参与制订了格里历,而且著述很多。他于1561年写成的《沙克罗波斯卡天球论注释》被当做当时的天文学百科全书,在欧洲多次修订出版。他译释的欧几里德《几何原本》,很可能是徐光启等人中译本的蓝本。该学院的课程设置中就有《几何原本》、地球仪、地理学、古观测仪、行星论、钟表,与宗教活动有关的计算问题等。① 最早进入中国传教的利玛窦(Matteo Ricci,1552—1610),就是他的学生。利玛窦和随后应他的要求进入中国的传教士,在来华以前已经不同程度地卷入新旧天文学观念的冲突,他们都关心和研究当时的天文学知识,一般都具有相当的天文学造诣。他们所掌握的是不同于中国传统天文学的、带有欧洲天文学革命影响的天文学体系。



耶稣会传教士进入中国之时,正当中国传统天文学处于要求发展而又困难重重的时候。他们对于中国原本有的先进的传统天文学几乎一无所知,所看到的是与蓬勃发展的欧洲天文学形成鲜明对比的正处于停滞落后状态的中国天文学。在

① 樊洪业:《耶稣会士与中国科学》,5页,北京,中国人民大学出版社,1992。



一定意义上说，他们充当了一种重要的媒介，通过他们，中国传统天文学与革命进程中的欧洲天文学发生了交锋与交流。他们始终处于两种文化激烈交锋的锋面上，其中既有文化的、宗教的冲突，又突出地表现为天文学的冲突。他们的到来为中国天文学的发展创造了良机。通过他们的辛勤工作和中国自身的变化，中国古代天文学开始转轨，天文学体系逐渐发生变化，最后汇入世界天文学发展的大潮之中。

第二节 中国古代天文学的发展特征

中国古代天文学在世界上是一个独树一帜的天文学体系。这可以从它的发展特征明显地看出来。其发展特征概括起来有10个：发展早；适合地域需要；实用性明显；社会地位重要；有两个重要分支；整体观念强；资料积累丰富而连续；成就突出；使用赤道坐标体系；重视实测。

一、天文学发展最早的国家之一

中国古代天文学萌芽于新石器时代。近年来，许多考古发现将中国天文学的发生推到8 000多年前。例如河南濮阳古墓中发现的蚌壳拼北斗龙虎天象图[①]，就是重要证据，反映出当时已认识到众星拱极的天体周日视运动，并用龙与虎分别表示春夏与秋冬的季节变化，是一幅形象化的星图。江苏连云港将军崖的星象祭祀岩画[②]，山东莒县出土陶尊上的日出陶文[③]，都是新石器时代人们季节活动与天象联系的证据。

由河南安阳殷墟出土的甲骨文知道，进入文字时代的中国天文学已经相当发达，其中不但有丰富的天象记录，而且已经有了置闰的历法，天文学已经进入社会生活。据史料记载，殷人的先民早在4 000年前就创造了先商天文学。《左传·昭公元年》记："昔高辛氏有二子，伯曰阏伯，季曰实沈，居于旷林，不相能也。日寻干戈，以相征讨。后帝不臧，迁阏伯于商丘，主辰。商人是因，故辰为商星。"《左传·襄公九年》记："陶唐氏之火正阏伯居商丘，祀大火，而火纪时焉。相土因之，故商主大火。商人阅其祸败之衅，必始于火。"既有观象授时，又有观象祭占。这些都说明中国天文学具有发展早的特征，而且在世界上也是如此。



---

① 濮阳市文物管理委员会，濮阳市博物馆，濮阳市文物工作队：《河南濮阳西水坡遗址发掘简报》，载《文物》，1988(3)。

② 杜昇云：《连云港岩画天文意义的探讨》，载《北京师范大学学报》，1986(1)。

③ 杜昇云：《山东莒县史前天文遗址》，载《科学通报》，1986(9)。

二、地域需要

世界上发展早的天文学都有很强的地域特征。古埃及重视天狼星的观测，是因为天狼星偕日出可以预报尼罗河水的泛滥。古巴比伦重视日月和五大行星的观测，日月的运行周期和行星的会合周期都测量较准，创造了黄道十二宫和重视七曜运行的特色天文学。而中国，黄河流域和长江流域是一片适于农作的土地，发展天文历法服务于农作，因而创造了用昏旦中星观象授时的方法，早就形成了龙虎星空划分体系，成为世界上崇拜龙的民族。

三、实用性明显

因农时需要发展起来的中国古代天文历法不仅及时为农业提供季节信息，而且还为各行各业授时，这一点在《诗经》中有充分的表现。明末顾炎武在《日知录》中写道："三代之上，人人皆知天文。七月流火，农夫之辞也。三星在户，妇人之语也。月离于毕，戍卒之作也。龙尾伏辰，儿童之谣也。"颁布历法，成为历代统治者的一项重大政令，讲求实用导致中国古代天文学很早就纳入政体，并一代一代传了下去。天文历法的实用性是所有古代文明发展早的国家的共同特征，但在中国表现得更为突出。这是因为中国古代天文历法与政令结合起来，形成一种制度，天文机构成了为皇家服务的重要部门，并有规范性的著作《月令》[①]问世。

天文学成为一种"实学"的导向，使多数中国古代天文学家极少由日月五星的运动去构建宇宙模型，这一点与古希腊天文学发展有很大的差异。中国古代几何学之所以没有发展起来不能忽视这一因素。

四、社会地位重要

中国古代天文学有着为帝王探知"天命"的特殊使命，在一定意义上是探求和表达"天意"的工具。由于天文历法是社会经济和社会生活所必需的，天文观象又是皇家带有神秘色彩的特殊工作部门，所以天文学的社会地位十分重要，不仅是研究自然的科学，也是关系社会的政治。意大利来华的传教士利玛窦就较敏锐地发现了这个特征，他说："如果不看到天文学在远东过分地具有社会的重要性和哲理的高深性，那就要犯错误。"[②]

中国早期的政治理论认为：上天之所以明察一切，是通过民众的反映；上天之

---

① 戴圣：《礼记》及《吕氏春秋·十二月纪》。有关分析参见杜昇云、陈久金主编：《天文历数》，59页，济南：山东科学技术出版社，1993。

② 席泽宗：《科学史八讲》，113页，台北，台湾联经出版社，1994。



所以有权威，是通过民众的威力而表达。上天与民众相互通达，所以统治者一定要谨慎行事。[①] 又说：上天监视人间，就是看他们是否遵从天意。世人若不遵从，又不反省罪过，上天就要降惩罚，以正天意。[②] 当周武王举起伐殷大旗的时候，他就说：上天选择了人中最聪明的作为民众的统治者，现在的商纣王，不敬上天，使民众遭灾，上天命我诛杀商王，上天是爱护百姓的，百姓有什么愿望，上天一定会帮助实现。[③] 概括起来就是：①帝王是“天意”的执行人；②天意与民意是统一的；③天子违背天意，天降惩罚，如不改过，上天另选天子执行天意。显然早期的政治理论希望天文学能成为稳定政治统治的一种依据，足见其在社会上的重要地位。

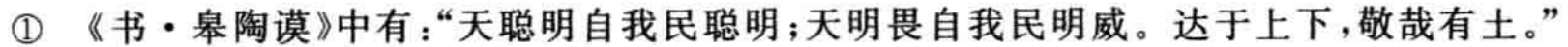
五、有两个重要分支

中国古代天文学有两个重要的分支，一为天文历法，一为星占。在《周礼·春官·冯相氏》中说：“冯相氏掌十有二岁，十有二月，十有二辰，十日。二十有八星之位，辨其叙事，以会天位。冬夏致日，春秋致月，以辨四时之叙。”是对历算分支工作的叙述。《周礼·春官·保章氏》中说：“保章氏掌天星，以克星辰日月之变动，以观天下之迁，辨其吉凶。以星土辨九州之地所封，封域皆有分星，以观妖祥。以十有二岁之相，观天下之妖。”是对天文星占分支工作的叙述。两者在观天象方面的重要差别叙述为：“保章氏至吉凶。释曰：上冯相氏掌日月星辰不变依常度者，此官掌日月星辰变动与常不同以见吉凶之事。”可见历算家依据有一定周期的天象；天文家依据的多是异常和偶见天象。

六、整体观念强



中国古代天文学理论是以整体观为前提的。“天人合一”，认为人的社会活动、生理活动与天、地、环境有关。阴阳学说中天与地是对立的统一，人与天、地是对立的统一，人、社会与天、地是对立的统一。五行学说认为天有五星，地有五行。人、社会与天、地互相制约，在一定条件下促成人或社会的转化。这是一种把宇宙万物看做不可分割整体的自然观，天人之间可以感应。它与现代天文学不同，现代天文学是以现代自然科学为基础的，靠现代自然科学理论与先进的技术设备而发展。从现代天文学观点看，中国古代天文学欠缺纯以天体运动变化规律为目的的研究，



① 《书·皋陶谟》中有：“天聪明自我民聪明；天明畏自我民明威。达于上下，敬哉有土。”

② 《书·高宗肜日》中有：“惟天监下民，典厥义……民有不若德，不听罪，天既孚命，正厥德。”

③ 《书·泰誓》中有：“惟天地万物父母，惟人万物之灵。亶聪明作元后，元后作民父母。”“今商王受，弗敬上天，降灾下民。”“皇天震怒，命我文考、肃将天威。”“商罪贯盈，天命诛之……天矜于民，民之所欲，天必从之。”

但它的整体论、系统论思想是很有价值的。现代天文学的许多新发现正使人们进一步考虑人与自然的统一。

建立在整体论、统一论基础上的中国古代天文学，认为"天就具有自然和人格的双重意义，天文观测，特别是奇异天象的观测，就不单纯是了解自然，还具有更重要的政治目的，天文工作也就成为政府工作的一部分了"。[①]

七、天文资料积累丰富而连续

我国古代天文记录早在殷商甲骨文中就已经十分丰富，随后在《诗》、《书》、《礼》、《易》和《春秋》这"五经"之中也有很多。从《史记》开始的二十四史中，有十七史设有专门的天文、历法篇，即使不设《天文志》和《律历志》，其他篇章如纪、传等内容中也有许多天文纪事。除正史外，各种史书受正史影响也多收录有关天文的纪事，其他各类著作包括文学著作中也有大量与天文学有关的内容，这在世界上确实是少有的。

八、成就突出

中国古代天文学取得了辉煌的成就，在世界科学史上独放异彩，概括起来说就是：满足社会需要并十分准确的历法；对太阳系中日月五星视运动规律的认识与计算；丰富的涉及各类天体的天象观测及记录；独特的星空二十八宿划分体系和全天星座划分以及对其进行的精密测量；实用的具有中国风格的天文仪器；建立在世界万物统一理论基础上的天体生成与演化学说，与直观认识和天文观测相关的宇宙结构理论等。这些成就既有实物遗存，又有丰富的文字记载，其中对自然界与人的相关认识有一定意义的超前性。



九、使用赤道坐标体系

中国古代从开始制造第一台天文测量用浑仪或浑象起，就采用了赤道坐标体系。公元前4世纪的星表也采用赤道坐标体系，为制造能跟踪天体运行的天文仪器创造了条件。这是一项了不起的成就，也是中国古代天文学的重要特色。对于测量恒星来说，赤道坐标体系比西方古代使用的黄道坐标系先进。

十、重视实测

中国古代天文学家为了掌握天体视运动的规律，十分重视实测。马王堆汉墓

---

① 席泽宗：《科学史八讲》，112页，台北，台湾联经出版社，1994。



出土的《五星占》记载了以恒星定标对行星的测量；出土的《甘石星经》是用仪器测量恒星的结果，不但编出了星表，而且还绘有星图。重视实测的结果是：测天仪器出现得早而且历代有所发展，测量结果有的保留于文献之中，有的保留于刻绘的星图之中，用于精密测量的古仪至今犹存，成为中国古代天文学的重要特色之一。

第三节　中国古代天文学体系的形成与发展

如果以中国古代天文学主要特征的形成作为其体系形成的标志的话，一般说来，这一体系的雏形形成于春秋战国时期，巩固和完善于秦汉时期，并在以后的发展中得到强化。

夏、商、周三代，由观象授时逐步向天文历法过渡。《尚书·尧典》不但说明了历法的重要性，而且也讲述了四仲中星的具体授时方法。《大戴礼记·夏小正》中又增添了旦中星及北斗斗柄指向的授时内容。殷商甲骨文显示了置闰历法的确切存在。《诗·十月之交》反映出西周时期已明确日食发生于朔。这一时期历法与星占已经成为天文学的两个分支。

中国古代天文学体系基本形成的时间在春秋战国时期。我国大多数先秦典籍成书于这一时期。反映于这些典籍中的天文学，一方面追记了上古时期天文学的历史，另一方面也加入了春秋战国时期人们的天文观念。前面讨论中国古代天文学发展特征的时候，我们引用了不少先秦文献，可见有关中国古代天文学的内涵，是由春秋战国时期的人作出全面诠释的。

从星占方面讲，中国古代影响最大的三派形成于战国时期，它们是齐国甘德创立的甘氏派，魏国石申创立的石氏派和巫咸氏三家。巫咸虽是殷商时期的星占家，但并无著作传世，实际上是春秋战国时期的一些星占家以巫咸之名创立的一派。三家的原著虽然早已失传，但引用者颇多，摘录最多的当归唐代成书的《开元占经》。他们各自建立了星座体系和星占方法，构成中国古代系统的星占学。



从历法方面讲，这一时期是中国古代历法走向数量化和规范化的时期。出现了春秋古四分历和战国时代的黄帝、颛顼、夏、殷、周、鲁古六历，确定了年长、闰周和朔望月长，分别采用了夏正、殷正和周正不同的月建方法，注意日躔、月离、行星视运动、日月交食及天象变化，创立了二十八宿星座体系和二十四节气的划分，所以说中国古代天文学体系的雏形已经形成。[①]

秦汉时期，中国古代天文学体系得到巩固和完善，主要表现在以下几个方面。

---

① 《春秋风采》，见杜昇云、陈久金主编：《天文历数》，121页，济南，山东科学技术出版社，1993。《天文学史》，《中华文明史》第二卷，石家庄，河北教育出版社，1990。

(1)对三代以来特别是春秋战国时期各诸侯国的天文学发展系统地进行总结性研究。随着秦汉时期国家的统一而条件成熟,一大批重要的与天文相关的学术著作成书问世,其中有一些是跨时代的产物,部分完成于战国时期,最后完成于秦汉时期。举其要者有:吕不韦组织编写的《吕氏春秋》;淮南王刘安组织编成的《淮南子》;司马迁著成的《史记》中的《历书》、《律书》、《天官书》;刘向的《五纪论》;刘歆的《三统历谱》;董仲舒的《春秋繁露》、《天人三策》;戴圣和戴德分别汇编的《礼记》,以及《周髀算经》、《山海经》等,都从各方面对中国天文学予以阐述。

(2)星占学更加系统和规范。除甘、石、巫咸三派分立外,司马迁综合各家,在《史记・天官书》中提出统一的星座体系,对星占学的观测内容分门别类予以规范;京房在《京氏易传》中建立了京氏星占体系。特别是有专职的官员负责,形成了制度。

(3)天文历法的内容基本定型。汉武帝时期由邓平、落下闳等人制订的太初历,成了后世历法之宗。民用日历是社会的需求,但它只是一部历法的一个自然结果,在中国古代历法中只是很次要的内容。主要的内容还是推算太阳、月亮和五星的运行及其位置,推算日月交食。特别是日食,成为"以天验历",检验一部历法优劣的标准。与此相关的合朔、冬至、节气、交点月、五星顺逆及其位置等内容成为历法家十分关注的内容。为了解决这些问题,发展了相应的数学方法。

(4)天文仪器的形制基本确定。圭表、浑仪和浑象三类仪器武装灵台,浑仪、浑象及盖图为赤道式结构,并配合起来用于观测。显然,中国古代天文学在汉代已成为一个与社会自洽得十分牢固的体系。

东汉以降,中国古代天文学家的天文发现层出,并将这些发现纳入历法之中,提高了历法的精度。东汉末(2世纪末),刘洪发现了月亮运动的不均匀性,观测到了月亮在近地点运动最快,谓之"月行迟疾"。他还观测到月亮近地点沿白道的运动,约89 697年在恒星间运行一周,并引入他编制的历法乾象历中。南北朝时期,北齐(550年以后)张子信发现了太阳的运动也是不均匀的,实际上一个节气和另一个节气的日数并不是完全相等的,"太阳在春分后运动越来越慢,而在秋分后越来越快"[①]。同时,他还发现五星视运动速度也是不均匀的。张子信的另一个发现是:当月亮运行到黄道与白道交点附近的时候,要看月亮是在黄道北边还是黄道南边,在黄道北就会发生日食,否则就不发生日食。而对于月食来说,不用考虑望月是在黄道的哪一边,都会发生交食。[②] 他所观测到的现象,是由地球视差引起的。



---

① 《隋书・天文志》引张子信的原话是:"日行在春分后则迟,秋分后则速。"

② 《隋书・天文志》引张子信的原话是:"合朔月在日道里则日食,若在日道外,虽交不亏。月望值交则亏,不问表里。"



比张子信大约早200年的虞喜是东晋的天文学家，他发现了岁差。虽然比古希腊天文学家喜帕恰斯（Hipparchus，约前190—前125）发现同一现象晚了约400年，但所得数值稍好一些。他从冬至点的历史变迁中，发现在2 700多年的时间内，冬至点向西移动了约53°，从而得到冬至点50年西移1°的结论。[①] 这一发现改“天周岁终”为“天自为天，岁自为岁”。将回归年与恒星年区别开来。虞喜的发现于462年被南朝的祖冲之引进大明历之中，成为中国历史上第一部考虑了岁差的历法。祖冲之在大明历中所确定的一些天文数据，都是极为精确的。[②] 交点月27.212 23日，与今测值27.212 22日只差1/10万日；近点月27.554 688日，与今测值27.554 550日相差不过14/10万日；回归年365.242 8日，朔望月29.530 59日，都是十分精确的数值，并提高了五星会合周期的计算精度，如土星378.070日，与今测值378.092日相差无几。

张子信的一系列发现，在隋唐时期被引入历法。600年刘焯造皇极历的时候，考虑了太阳运动的不均匀性，采用太阳在黄道上的实际位置定节气，即将黄道等分为24等份，相应于二十四节气，使太阳各气之间的运行度数相等，谓之定气法。为了解决一个节气内各天太阳在黄道上的位置，刘焯提出等间距二次差内插法的计算方法。刘焯还提出远优于虞喜的岁差常数，定岁差率为76.5年差1°的新数值。皇极历给出中国古代现存最早的完整的太阳不均匀运动改正数值表，最早在计算合朔时同时考虑日月运动不均匀性的影响，创立了一整套日月交食推算法，从而把历法向数学化、精密化和合理化的方向推进了一大步。[③] 刘焯的皇极历未得隋炀帝的认可，未能颁行于世。

隋代另一部历法大业历是任太史的张胄玄所造，虽然比不上皇极历，但也很有创造，尤其是对五星运动不均匀性的改正计算自成体系，他测算的五星会合周期达到了很高的精度，对于木、火、土、金、水五星的会合周期分别得到398.882日、779.926日、378.090日、583.922日、115.879日的数值，它们的误差分别为0.002日、0.011日、0.002日、小于0.001日、0.001日，在历代历法中精度最高。大业历还第一次给出二十四节气太阳出入时刻表，所定恒星月为27.321 66日，误差仅0.1秒。[④] 张子信的重大发现，在隋代历法中开花结果。



唐代最有代表性的历法是一行的大衍历，727年初草完成，729年颁行全国。大衍历是一部结构严谨、逻辑严密、论算完善的历法，其历经部分有二十四节气与

---

① 《虞喜睿智解岁差》，见杜昇云、陈久金主编：《天文历数》，216页，济南，山东科学技术出版社，1993。

② 《父子同上畴人榜》，见杜昇云、陈久金主编：《天文历数》，235页，济南，山东科学技术出版社，1993。

③ 陈美东：《中国古代科学家传记》，302页，北京，科学出版社，1993。

④ 陈美东：《中国古代科学家传记》，北京，科学出版社，1993。

朔望晦弦的计算、七十二候的计算、太阳运动的推算、月亮运动的推算、晷影和昼夜漏刻长度的计算、日月食的推算、五星运动的推算等共七部分。有各种计算用表12卷，还有专门讨论与历法有关的专题论文集10卷，此外尚有讨论古今历书、天竺九执历的研究文集，极为全面。

大衍历对太阳运动的不均匀性作了比以往更准确的描述，发现其速度的变化规律是：春分快慢持平，以后渐慢，至夏至达到最慢，然后渐快，秋分又快慢持平，以后渐快，至冬至达到最快，然后渐慢，再回到春分持平状态。大衍历所定冬至时刻与冬至时太阳在恒星间的位置都比较准确。在太阳视赤纬变化与昼夜漏刻长度成正比的假设基础上，提出二十四节气时昼夜漏刻长度的近似计算法。提出考虑月亮视差与地理纬度的食差近似计算法，计算月食食分的近似公式，编制了以五星近日点为起算点，每过15°列出一个五星实际行度与平均行度的五星行度表。一行在计算中还发明了不等间距二次差内插法，探索了三次差内插法的近似计算。

为了保证大衍历数据的准确性，一行进行了大量的恒星位置测量；进行了大规模的四海测验，在全国南北13个观测点做了北极高度、冬夏至和春秋分的晷影长度、冬夏至昼夜漏刻长度的实测。经过实际测量，以确切的数据否定了历史上一直使用的"日影千里差一寸"的说法。[①]

大衍历是中国古代天文学成熟时期最有代表性的一部历法，对于中国古代历法的研究内容，解决问题的方法，作了系统和全面的阐述，成为后世历法的楷模和宗师。

唐代还有三项天文工作也值得特别注意，一是贞观年间李淳风撰成《乙巳占》，将传统的星占理论与唐代实际相结合；二是瞿昙悉达主编完成了《开元占经》，是历代星占大荟萃；三是王希明撰成《步天歌》，将中国古代星座体系完善成三垣二十八宿的体系。

经过东汉至唐代近900年的发展，中国古代天文学体系得到进一步强化。其体系的完整及其与社会的自洽，使其比较不易受外来体系影响。

第四节　中外天文学交流的历史回顾

在16世纪欧洲天文学传入中国之前，早就有印度天文学和阿拉伯天文学分别传入了中国。印度天文学可能是随佛教逐渐传入中国的，最早约在西汉末年。南北朝时期佛教分成南重义理，北重禅定的流派，至隋唐时期佛教发展达到高峰。因

---

① 陈美东：《中国古代科学家传记》，360页，北京，科学出版社，1993。



此印度天文学的传入也以隋唐时期为盛。阿拉伯天文学知识部分是随印度天文学的传入而传入的，因为古代印度天文学早就受到古巴比伦和阿拉伯天文学的影响，因此唐代后期可见到阿拉伯天文学的影响。阿拉伯天文学家于宋代进入中国，并于元代将阿拉伯天文学较大规模地传入中国。所以有必要讨论它们在中国所产生的影响。

我们首先从宏观影响入手进行讨论，即探讨外来天文学对中国古代天文学体系的特征、社会功能、性质、作用和数学方法等产生了怎样的影响。在前面两节中我们讨论了中国古代天文学体系的特征和形成发展过程，可以清楚地看出，这个早在夏、商、周三代时期已见端倪，春秋战国时期形成雏形的体系，是一个与中国古代社会自洽的体系，其基本形态与原则，直到明代也没有发生什么变化。其间尽管有外来天文学的传入，但从宏观方面看，它们对中国古代天文学的影响是非常微弱的，甚至可以说，几乎没有产生什么影响。

以上结论并不妨碍讨论外来天文学可能在某些具体问题上的影响，显然这些影响无妨中国古代天文学的大局，它们仅发生于某些枝节问题上。这也许有利于我们理解，为什么 16 世纪以前传入的外来天文学，从未受到十分激烈的反对，而明末清初的许多知识分子，却与西方天文学势不两立。下面我们简要讨论印度天文学与阿拉伯天文学对中国古代天文学的影响。

中国古代十二次的划分是否与古巴比伦黄道十二宫有关？过去学者们发表了不同的看法，郭沫若在其考古著作《释干支》中持源于西方说，立论的主要根据是十二宫的阿卡德语名称、苏美尔语名称与十二次的发音相近。类似的观点在《中华早期文明源于西方》[①]中也可看到，发音相近固然提供了同源的可能性，但十分不可靠，中国古代本身就是一个多民族的社会，不同民族不同地域之间发音差异很大，加之星占学欲神其技，故意采用不常用的音符，也并不是不可能的。尤其重要的是十二次产生的背后有着深刻的中国文化背景，它是中国古代在认识和研究木星运动中创立的一种星空划分方法，应用于岁星纪年。作为纪时用的星空划分，是沿着岁星运动方向对赤道等分周天的，这与黄道十二宫对黄道等分并不相同，所以十二次的西源说赞同者甚少。即使借音于外国也仅限于发音，其内容还是中国天文学自身发展的产物。十二次创立于战国时代，那时中国与印度或者中国与阿拉伯地区之间的文化交流尚未见记载，得不到十二次西源说的结论。



印度古代也有二十八宿、二十七宿的划分法，是不是中国古代二十八宿的划分来源于古天竺呢？答案也是否定的。印度二十七宿的划分最早见于吠陀期的著作

① TERRIEN de LACOUPERIE: *Western Origin of the Early Chinese Civilization*. 转引自陈遵妫：《中国天文学史》，第二册，上海，上海人民出版社，1982。

《鹧鸪氏梵书》，佛教将二十八宿改造为二十八星神，成为观音的二十八守护神。印度二十八宿有几个显著的特点：①等间距划分；②各宿的代表星或联络星多为亮星；③各宿都有对应的形象，例如：剃刀、车、鹿头、额上点、箭、手、珠子、珊瑚、耳环、象齿、麦粒、人足、马头、狮尾、羊胃之类；佛经中又想象出散花、飞雁、人步、画瓶、羊角、鸟、蝎、牛头等形象。中国的二十八宿也可见几个显著的特点：①不等间距划分；②各宿距星除室女座α星一颗以外全部为暗星；③各宿名称多与对应的四象有关，如东方七宿对应龙象，则有龙角、龙心、龙尾；南方七宿对应朱雀象，则有鸟喙、鸟嗉、鸟翅之象。而用龙虎表示星象的历史，至少可以追溯到距今6000年以前，要比吠陀期为早。值得注意的是：不等间距划分与分野理论有关；距星选择暗星与北极星代表天帝有关，帝星并不明亮，二十八宿距星也不能僭越。这些都是根生于中国文化土壤中的产物。

佛教于公元1世纪传入中国，《摩登迦经》中有二十八星神，这是佛教借助二十八宿神化佛的主宰地位的一种做法，以骗取信徒对佛的崇拜，实无天文学意义。中国古代天文学家一般不从佛学角度看待二十八宿，因为二十八宿是中国古代研究七曜运动的参考系，是一种恒星位置坐标系统，历代都对二十八宿位置进行测量。另一方面二十八宿也是中国古代星占家作占的依据，既有二十八宿与地域分野的匹配，又有七曜相对二十八宿位置的占法。中国古代天文学家从不把二十八宿看做佛的守护神，尽管佛教中有绘制的星曼荼罗受到供奉，但并未对中国天文学产生什么影响。

印度古老的宇宙观念也随着佛教传入中国，佛教汲取了印度古老的文化，从流传于古代印度神话中的虚拟事物，构筑了佛教的宇宙。如《智度论》七和《佛地论》六中都讲了三千大千世界，其以“须弥山（也有作苏迷卢山的）为中心，七山八海交互绕之，更以铁围山为外廓，是曰一小世界，合此小世界一千为小千世界，合此小千世界一千为中千世界，合此中千世界一千为大千世界”。“大千世界之上有三千者，示此大千世界，成自小千中千大千三种之千也。内容即一大千世界。以此一大千世界为一佛之化境。”须弥山本来源于印度神话，佛教说它是帝释天、四大天王的居所，其高八万四千由旬，顶峰居帝释天，山腰为四大天王及眷属所居。山周围为七香海、七金山，第七金山之外为咸海，咸海中有四大部洲，洲外之咸海，又被铁围山团团围住。[1] 这个以须弥山为中心的宇宙如何解释日月运行？据玄奘《大唐西域记》说：“苏迷卢山，四宝合成，在大海中，据金轮上，日月之所照回，诸天之所游舍。七山七海，环峙环列。山间海水，具八功德。”显然这种云山雾罩的神话宇宙模式，



① 任道斌主编：《佛教文化辞典》，296页，杭州，浙江古籍出版社，1991。



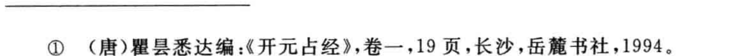
在解释天体运行方面毫无竞争能力，中国古代任何一种宇宙理论，都没有采用这种多层次宇宙模式，只有那些信佛之人，才会相信这一荒唐宇宙。例如南朝梁武帝就认为："金刚山北又有黑山，日月循山而转，周回四面，一昼一夜。"并企图用日出的高低解释四季。[①] 以梁武帝萧衍为代表的佛教信徒，追求的是跳出轮回，以求长生永存；断绝苦因，入涅槃境，希望死后也进入那虚幻的宇宙。事实上在《阿弥陀经》中的极乐世界就与虚幻宇宙取得了统一，经文中说："极乐国土，有七宝池、八功德水，充满其中。池底纯以金沙铺地。四边阶道，金、银、琉璃、玻璃合成。上有楼阁，亦以金、银、琉璃、赤珠、玛瑙……而严饰之。"可见佛教的宇宙模式，目的是迷惑其信徒，丝毫没有认识天体运动规律的天文学要求，所以影响所及在其信徒之中，对中国古代天文学几乎未产生影响。

在历法方面，印度传入的天文历法知识比较受重视，一方面是因为历法在中国是为天子传达"天意"的工具，极受重视；另一方面它是实学，可资运作而求得一定的结果。即使如此，这些来自天竺的计算方法也仅被当做参考，既没有被吸收入中国传统历术之中，更没有能取代传统历法的地位。有人曾认为唐代瞿昙罗所献"经纬历"和"光宅历"，可能为印度历法。江晓原在其《六朝隋唐传入中土之印度天学》一文中，认为它们"仍为中国传统模式之历法"。江先生的结论是正确的，我们在前面已经叙述过，中国古代历法的内容与作用，决定了它形式的传统性，不是外来历法所能取代的，《旧唐书》也记有"光宅历"等历法，"皆旧法之所弃者，复取用之"。《新唐书》则记有"麟德历"颁用后，"与太史令瞿昙罗所上'经纬历'参行"。这两部历法均是印裔天文学家应用中国传统历术编成的历法。

保留印度天文历法原貌的当属九执历，它由瞿昙悉达编译，载于《开元占经》之中。江晓原在《六朝隋唐传入中土之印度天学》一文中指出：九执历中之希腊天文学成分至少可列出如下六项：①360°之圆周划分；②60 进位制计数；③黄道坐标系统；④太阳周年运动远地点定在夏至点前 10°；⑤推求月亮视直径大小变化之法；⑥正弦函数的使用及正弦表。这些内容均为中国传统天文学中所未有。并推测："九执历极可能当初就仅有交食部分（日、月运动理论主要是为此服务的）而无行星运动理论。因古代中国天学中向无几何学方法，在交食推求术上始终有着相当缺陷，故需借助域外之术'相参供奉'以为补充。"



事实上这种参照补充也很少使用，据《新唐书》记载，御史李麟、太史令桓执圭奉诏在灵台实测比较的结果是："大衍十得七八，麟德才三四，九执一二焉。"官方否定外来历法恐怕不完全是运算结果所致，主要原因还是传统历法与当时社会的



① （唐）瞿昙悉达编：《开元占经》，卷一，19 页，长沙，岳麓书社，1994。

自洽。

以天竺历法为基础，取其优点并按中国传统历法模式加以改造的当推符天历，曾在唐末和五代时期使用过，它是天竺历法在中国产生影响最大的一部。据宋代王应麟《困学纪闻》卷九所记："唐曹士蒍《七曜符天历》，一云《合元万分历》，本天竺历法。"这部历法保留了哪些天竺历法的内容，据学者们研究，至少可反映在如下一些方面。

(1)采用七曜纪日。从历名为《七曜符天历》看，七曜在历法中应有实际内容，即相当于今日之星期制，以日曜日、月曜日、金曜日等纪日期。符天历以唐显庆五年(660)正月朔为历元，实际制历在建中元年(780)，其间相差120年，但据推算该历历元日正逢日曜日。[①] 唐代居住于长安的信奉伊斯兰教的西域人及其家属为数已相当可观，对有七曜纪日的历法有实际需要。他们是中国最早的一部分回民，据《资治通鉴》记，唐贞观元年其中有田宅的回民已达4 000多人。

(2)可能采用了印度古历的数据，如回归年长有可能取365.258 75日。符天历以雨水为岁首，正月朔也应当是该节气的气首，而据推算显庆五年正月气朔相距有两天之多。若设如上回归年长计算，由建中元年上推120年，节气误差也恰好为两天，说明符天历历元之初岁首与气首一致。以上数据取自印度古名历"苏利亚"，是符天历采用天竺历法数据的一种可能性。[②]

(3)历法载有食神首尾的方法。食神首尾是印度天文学的一大特色，实指黄、白二道的两个交点，名为罗睺与计都。它们并非实有天体，故称"暗曜"，连同七曜构成九曜，是为"九执历"名的本意。

(4)天竺历法没有追求上元积年的讲究，多取近元为历元。符天历不用上元积年，以120年前的唐显庆五年雨水为历元，有天竺历法的影响。按传统历法的做法，是以寅月为正月，冬至朔旦夜半为历元。

(5)以一万为日法，相当于朔望月日数小数部分计算到小数点后面四位，比过去使用分数计算方便，这一改革可能得益于古印度的历算。

尽管符天历吸收了不少天竺历算的方法，但它基本上是经传统历算模式改造过的历法，主要表现在：①在日本发现的符天历残篇《符天历经日躔差立成》抄本中，有推算日躔的盈缩数表，可以看出半周度数取为182，即它以365°余为周天度数，是中国传统的圆周划分。②在上述立成表计算中，平黄经l与真黄经λ之差不用$\lambda-l=A\sin l$计算，而采用二次差内插法经验公式$\lambda-l=\frac{1}{3300}l(182-1)$计算，是

① 陈久金：《符天历研究》，载《自然科学史研究》，1986，5(1)。

② 同上。



传统的代数方法。符天历曾在民间广泛使用过，受其影响明显的调元历也曾在短时间内成为官历，但仅经过五年就又复用崇元历而取消了调元历的官历地位。五代时造钦天历的王朴在上后周世宗的奏议中说："臣检讨先代图籍，古今历书，皆无食神首尾之文，盖天竺胡僧之妖说也。只自司天卜祝小术，不能举其大体，遂为等接之法。盖从假用以求径捷，于是手交有逆行之数，后学者不能详知，便言历有九曜，以为注历之恒式，今并削而去之。"[①]王朴的话再一次说明，中国传统历法的正宗地位不容外来历法。

为什么符天历能在唐末和五代时期被使用？陈久金先生在《符天历研究》一文中提出了一种解释："符天历得以在民间流传的一个很重要的原因，是受到佛教的影响。""印度系统的星占，则可以用诞生时的九曜位置来判断每一个人一生的命运。"江晓原先生也认为："至平安朝(805—1185)，印度星占学随佛教东去，乃兴起新的日本天学学派，谓之'宿曜道'……符天历是宿曜道的经典。"日人薮内清先生也认为，符天历"主要用途则在依据某人出生时刻之天象以预卜其命运，即制作所谓'宿曜勘文'"。看来符天历在当时流行的社会条件，是广大人民饱受战乱及盘剥，希望改变命运，有算自己命运的要求所致。佛教是求往生的，唐代佛教经过玄学化、儒学化逐步成为中国佛教，早已不是印度佛教原来的样子，天竺各宗派所虚构的高不可攀的佛已不复存在，禅宗认为众生心有觉悟即成佛，"迷即佛众生，悟即众生佛"，于是人人皆可成佛。随着佛教的中国化，天竺佛学中的天文学影响大大削弱。

现有资料表明，宋代初期开始有西域天文学家进入中国国家天文机构从事天文历法工作。在美国哥伦比亚大学东亚图书馆发现的《怀宁马氏宗谱》表明，马氏始祖"系出西域鲁穆，始祖讳系鲁穆文字，汉译马依泽公，遂以马授姓。宋太祖建极，初召修历，公精历学，建隆二年，应召入中国，修天文"。[②] 在河北发现的《青县马氏门谱》则记述马依泽被"特授钦天监监正，诰授世袭侯爵，兼钦天监，光禄大夫右柱国"。据陈久金研究，马依泽来华参加了宋初应天历的制订，致使该历历日推算中使用了星期制度。笔者也认为这是中国回回天文学最早的记录，并证明它产生了一定的影响。据《宋史·天文志》记载，太平兴国四年(979)张思训制成太平浑仪，在其报时装置上就有"七值神左摇铃、右扣钟、中击鼓，以定刻数"。其中七值神就是七曜值日，是当时历法中有七曜日内容的反映。但是这种影响很快就为传统天文学所抹平，过了不到200年，苏颂制成的水运仪象台就没有了七值神的内容。而应天历早在太平兴国六年(981)就为乾元历所替代，使用了不到20年。



---

① 《旧五代史·历志》，引王朴奏议文，见薛居正等：《旧五代史·志第二》，北京，中华书局，1976。

② 陈久金：《回回天文学史研究》，53页，南宁，广西科学技术出版社，1996。

元代有更多的西域天文学家进入中国，官方颁发了札马鲁丁献上的回回历“万年历”，在上都建立了回回司天台，在中央设有回回司天监，是阿拉伯天文学较大规模传入中国的时期。但它们始终处于从属地位，主要服务于当时中国的穆斯林。真正的国家天文台是设在元大都的经郭守敬建造起来的司天台，授时历是全国通用的官方历法，传统天文学的形式与内容未见变化。值得注意的是，元初天文学家已注意到西域历法有自己独到的长处，据《元史・历志》记载，耶律楚材曾参照西域历编出过“麻答历”，未获颁用。耶律楚材常言：“西域历五星密于中国。”

进入明代，鉴于西域天文学家及其后裔“言殊字异，无能知者”，朱元璋下令翻译西域天文书籍，出现了《明译天文书》和编译的《回回历法》。明初西域天文学家马德鲁丁携子来华，洪武二年(1369)进入中国，曾任钦天监监正。其子马沙亦黑对大统历颇有研究，奉旨搞出了一部基于西域天文理论但又适合于在中国使用的“回回历法”，共三卷。《明译天文书》是由马德鲁丁的另一个儿子马哈麻译成的，可能有李翀、吴伯宗等为其润色文字，译自阔识牙耳的《天文表》。大约过了 100 年，贝琳重新编辑整理成《七政推步》，成为回回天文学研究的重要成果。

明初有回回钦天监，洪武三十一年(1398)罢回回钦天监，改为回回历科，主要任务是向穆斯林提供回回历法。鉴于大统历实则授时历，行用已久，误差增大，日食推算常常不验，回回历法的推算成为重要的参考。但即便如此，终明一代一直行用着传统历法大统历。不同的是，外来历法比以往受到了更多的重视。

第五节　中国天文学发展进入低谷

元代初期在郭守敬、王恂等人的努力下，中国古代天文学达到了鼎盛，在天文测量、制历理论、天文仪器等多方面，取得了极大的成就。郭守敬以后，元代的天文学家没有能取得可以与他们相比的重大成就，他们享受着郭守敬等人的福荫，守着旧业为社会服务，这种状态一直延续到明代。中国古代天文学发展出现了停滞局面。究其主要原因，首先是授时历满足了社会的需要，天文观测所能达到的精度，基本上达到了裸眼观测的极限。由保存下来的明代复制的郭守敬的简仪看，百刻环上每一刻又细分为 36 等份，整个圆周划分达到 3 600 份，意味着刻度精度达到 10′，对于这种青铜制的仪器来说，很难再继续提高观测精度。如果没有新的天文学要求，又没有革命性的新天文仪器，那么天文学的停滞局面就是可以理解的。

朱元璋立国，不仅仿效以前历代统治者禁止民间私习天文的做法，而且律以厉禁：私自学习天文历法的人要充军边远地区；私自编撰历法的人要处以极刑；



已经从事天文工作的钦天监人员，不但自身终生不能改行，而且子孙后代也必须继承前辈，供职钦天监。对这件事，明代书籍《野获编》记载颇详。明朝开国皇帝的做法使本已停滞不前的中国天文学雪上加霜，更加一蹶不振，天文学发展进入低谷。

有历禁就有抗禁，入明以来改历呼声不断，尤其是成化年间(1475 年以后)，改历呼声日高，到万历中(1592 年以后)，已有人自己编撰历法，挑战禁令，例如明宗室郑恭王之子朱载堉于万历二十三年(1595)献上《圣寿万年历》。但是当时并无人能编出足以与《授时历》、《大统历》相抗衡的新历法，明初的历禁实行多年以后，其恶果也只能自尝，出现了空有改历的热情，实无改历的实力的局面。这就为中国天文学家接受西方天文学知识，寻求天文学继续发展的途径创造了条件；也为西方来华传教士施展其科学知识和才华创造了条件。

第六节　中国古代天文学转轨的历史必然性

科学是人们探求未知的活动过程，是对客观世界探求过程中积累的知识成果。从这个认识考察中国古代天文学，人们对天体、天体的出没及视运动规律、测量天体的工具和方法、宇宙结构及其形成和演化，一直在进行着探求活动，并积累了丰富的天文科学知识。限于人们认识的局限性、探求天体知识工具的局限性、社会政治文化的深刻影响，中国古代又有将天文学作为“通天”工具的一面，把天文学当做探求“天命”的活动过程，与近现代天文学的科学思想有根本的差异。

16 世纪从哥白尼开始的欧洲天文学革命，在思想上是要用科学解释自然，彻底摆脱神学的束缚；从技术上说，用望远镜作为探求天体知识的工具，大大扩展了人类的视角，极大地提高了观测的精确度，为天文学的迅速发展开辟了道路。所以欧洲的天文学革命是世界性的，它把天文科学推进到一个崭新的阶段，也必将成为世界上其他地域的天文学，或迟或早总会和中国古代的天文学交锋，并在这一交锋过程中淘汰那些非科学的东西。从这一意义上说，中国古代天文学转轨有其历史的必然性。





16 世纪末当西方传教士进入中国以后，正遇上停滞多年的中国天文学正在寻求发展之路，进行学术传教的欧洲传教士充当了东西方天文学交流的桥梁，从此开始了中国古代天文学的转轨。

第二章　西学东渐与中国天文学的逐渐变化

第一节　天文学观念的逐渐转变

西方天文学是以古希腊天文学体系为基础的，这是一个与中国古代天文学有着不同特征的天文学体系，其天文学观念与中国古代有很大的差异。古希腊人将天文学看成研究天体运动规律的科学，力图透过行星视运动的表象，揭示宇宙的结构，同时注意研究地球的大小、形状，并与太阳和月亮比较，以几何和三角学的数学方法，试求它们之间距离的比例。著名的古希腊天文学家托勒密在其《至大论》(即《天文学大全》)第一卷的前言中说："用形状、运动、图形、数目、大小、位置、时间等来显示事物性质的科学叫数学。"①他还写道："只有数学，如果抱着研究的态度来探讨，会使人获得确切的、可靠的知识，并以无可辩驳的步骤给出算术与几何的论证。因此，我们应当竭尽全力探索这一理论学科，特别是探索与神奇天体有关的学科。"

尽管经托勒密总结并勾画出来的以地球为静止中心的宇宙体系是错误的，但它还是人类认识宇宙历程中的一个里程碑。哥白尼是继承和发展古希腊天文学体系的伟大的天文学家，他将生命都倾注于他所钟爱的天文学之中了。在《天体运行论》第一卷"引言"中他写道："在人类智慧所哺育的名目繁多的文化和技术领域中，我认为必须用最强烈的感情和极度的热忱来促进对最美好的、最值得了解的事物的研究。这就是探索宇宙的神奇运转、星体的运动、大小、距离和出没以及天界中其他现象成因的学科。简而言之，也就是解释宇宙的全部现象的学科。"他接着写道："如果就其所研究的主题实质来评判各门学科的价值，那么，首先就是被一些人称为天文学，另一些人叫做占星术，而许多古人认为是集数学之大成的那门学科。它毫无疑义地是一切学术的顶峰和最值得让一个自由人去从事的研究。它受到计量科学的几乎一切分支的支持。算术、几何、光学、测地学、力学以及所有的其他学科都对它作出贡献。"②哥白尼的话表明，16 世纪时欧洲科学家把天文学作为重要的基础科学来看待，认为它的发展会影响许多学科的发展。



---

① 宣焕灿选编：《天文学名著选译》，34 页，北京，知识出版社，1989。

② 哥白尼：《天体运行论》，叶式辉译，武汉，武汉出版社，1992。



欧洲人也重视天文历法，哥白尼就引用柏拉图《法律篇》中的话说："研究天文学主要是为了把时间划分为像年和月这样的日子的组合，这样才能使国家对节日和祭祀保持警觉和注视。""任何人如果否认天文学对高深学术任一分支的必要性，这都是愚蠢的想法。"①

哥白尼在批判继承古希腊天文学的基础上，将一幅太阳系的图景展现出来，它是客观世界的真实反映，但却不能很快被人们所接受。因为他要彻底动摇长久以来被人们当做真理的认识；因为他还不能令人信服地驳斥反对派提出的质疑，并没有观测到恒星的视差位移；还因为其理论与实际观测不符，不能抛弃本轮、均轮的组合。所以16世纪末第谷（Tycho Brahe，1546—1601）提出的，太阳带着围绕它旋转的行星共同围绕地球转的体系仍有相当的影响，并成为传教士向中国介绍的主要学说。

中国早在传说时代，就将天文看成探求和表达天意的工具了。不过那时候，任何人都有权把自己看成是与天相通的，可以根据自己的意愿去解释天象。不同部族的首领都打着"天意"的幌子，实行自己的统治，并争夺霸权。但终于有一天，众人"通天"的权利被剥夺了，只有皇帝才可以委派专门的天文学家去"通天"，从此，天文学成为中国皇家秘事，成为中国古代政体的组成部分。除了他们之外，违背皇帝意愿去解释天象，可能会遭到诛杀的灾祸。据《尚书·吕刑》说："皇帝哀矜庶戮之不辜，报虐以威，遏绝苗民，无世在下，乃命重、黎，绝地天通，罔有降格。"②大意是说，作乱的三苗造成无辜被杀戮的惨象，他们都打着通晓天意的旗号。有鉴于此，君王镇压了苗民，断绝他们的后代，任命重和黎专门掌管天文，剥夺了其他人探求和解释天意的权利，使他们再不能与神往来。为了杜绝他人打着"天意"的旗号造反，皇家垄断了天文学。



汉代儒学的代表人物董仲舒在《春秋繁露·天地之行》中说："凡灾异之本，尽生于国家之失。国家之失，乃始萌芽，而天出灾害以谴告之；谴告之而不知变，乃见怪异以惊骇之。惊骇之尚不知畏恐，其殃咎乃至。从此见天意之仁而不欲陷人也。"儒家希望利用"通天"杠杆，实现理想政治；如果现实很糟，以某些天象和灾害作为"天谴"的征兆予以警告。如果统治者一再执迷不悟，会有更大灾祸甚至改朝换代。以天象占吉凶成为中国古代天文家的一项政治任务。

治历可满足社会的需求，但治历也是王权的象征，是天子顺承天意的表现。《史记·历书》说："王者易姓受命，必慎始初，改正朔，易服色，推本天元，顺承厥意。"意思是：改朝换代接受天命的君王，必须谨慎地制订最初的政令，颁布新历法，

① 哥白尼：《天体运行论》，叶式辉译，2页，武汉，武汉出版社，1992。

② 《书经》，133页，上海，上海古籍出版社，1987。

改换朝服颜色，推算历法的起始，顺应天时，上承天意。制订好一部历法，在“通天”方面还有其他许多功能。如敬神祭祖、禳灾祈福都有一定的日期和一定的时间，天子的政令与礼仪庆典也与历法有关。更为重要的是：天子是天命所归，他应当能把天上将要发生的事告诉臣民，所以报告日月之位、日月合璧、日食月食、五星交会，最能显示这种权威，最能表征他知天命，具有天的代言人的崇高地位。所以历代历法，无不重视七曜运行，尤其看重日月交食。这是让庶民认识皇帝受天命的有效手段，因为对大多数百姓来说，只有神才能知道天上的那些事情。所以《汉书·艺文志》将制历说成是帝王“知命之术”。兹将原文摘录于下：

“天文者，序二十八宿，步五星日月，以纪吉凶之象，圣王所以参政也……历谱者，序四时之位，正分至之节，会日月五星之辰，以考寒暑杀生之实。故圣王必正历数，以定三统服色之制，又以探知五星日月之会。凶厄之患，吉隆之喜，其术皆出焉。此圣人知命之术也，非天下至材，其孰与焉！”

由于观天象，纪吉凶，定历法，知天命，所以天文家和历算家在政治生活中有特殊的重要地位和作用，天文学在民间受到限制。在人们的观念里，天文学是皇家的事，是神秘神圣的事，甚至是神仙所做的事。所谓“上知天文，下知地理”，就是有“通天”之术，可知天意的意思。“天机不可泄露”，更为天文历算家披上神秘色彩。于是“北斗环绕北极，犹卿士之周卫天子也。五星行于列宿，犹州牧之省察诸侯也。二十八宿布于四方，犹诸侯为天子守土也。天象皆为尊卑相正之法”（《尚书纬·说命中》）。更显得苍天森严，可有天意达向人间。在皇帝看来，天文学是可资利用又唯恐他人利用的重要工具。在这种天文观念下，是不可能把天文学推向自然科学之途的。

传教士东来，带来了西方天文学知识。无论是托勒密体系、第谷体系，还是后来的哥白尼体系，都是通过日月五星的运动现象构筑的宇宙图景，是用这些天体的自然运动解释天体视运动的。它们与预推这些天体位置显示知命和利用天体位置占吉凶的天象观截然不同；它们用几何与三角等数学手段，计算天体的位置，预报日月交食，是对它们构筑的宇宙图景的证明，而不是去揣测“天意”。因此，无论天文家还是历算家，根本观念截然不同。这种影响是潜移默化的，使中国人的天文观念也逐渐发生了变化。到了清代乾隆、嘉庆年间，知识分子中的一部分人，力图否定和摒弃中国古代以星占为主的天文家，并希望通过发扬光大中国古代的历算成就，与西学抗衡。特别表现在阮元等人编撰《畴人传》的时候，天文家一律不入选；如果既是天文家又是历算家，则只选其历算方面的成就，不谈其星占理论与星占做法。这部分知识分子已感觉到传统观念的落后，但并未清醒地看到传统历法也有为知天命服务的一面。直到19世纪中叶，李善兰才在《谈天》一书的序言中尖锐地指出：观



测天象的目的应当“苟求其故”。说：“哥白尼求其故，则知地球五星也绕日”，“刻白尔（开普勒）求其故，则知五星与月之道皆为椭圆”，“奈端（牛顿）求其故，则以为皆重学之理也”。[①] 否定了探求天意的传统观念。虽然在制历与颁历以及发布民用历书方面，仍遵从传统的礼制，但研究历法的人已把注意力放到了数学方法上，力求更准确地推算天体位置及日月交食。反映出天文学观念发生了很大的变化。

第二节　历法计算中数学方法的变化

西学东渐一个最重要的成果，是《崇祯历书》的编成。这部历书的编成，特别是入清以后《西洋新法历书》钦定颁发，并依据它编成日用历书时宪历，标志着中国古代历法计算原理与数学方法发生了根本的变化。

明代后期，编制新历的呼声日高，1629 年徐光启受命督领修历。按崇祯皇帝的诏谕，制历思想一如既往。诏谕说：“朕惟授时钦若王者，所以格天观运，画图羲和；所以底日夷考，大衍系卦。九畴五纪之书，冯相、保章之职，辨三辰而察九野，至详且备。”[②]而徐光启受西学的影响，思想已发生了变化。他在制历缘起中解释说：“元朝所有典章散失，止存授时成法数卷。元统等因之为大统历，仅能依法布算，而不能言其所以然之。故后来有志之士，亦止将前史历志揣摩推度，并未有守敬等数年实测之功力，又无前代灼然可据之遗书，所以言之而未可行用之……然二臣终不能改守敬之旧……今亦不敢遽谓海内无人，但私习天文，律有明禁。而监官不知律意，往往以此沮人，是以世多不习或习之而不肯自言耳。臣等考之周礼，则冯相与保章异职，稽之职掌，则天文与历法异科。盖天文占候之宜禁者，惧妄言祸福，惑世诬人也；若历法，则止于敬授人时而已，岂律例所禁哉。”[③]说明因缺乏原始材料，靠修补大统历已不能解决问题。将冯相与保章分别对待，认为保章应禁，历学宜开。明确提出对天文家与历算家实行不同的政策，完全否定天文占候之学，反映出观念的变化，与皇帝诏谕有所不同。



显然徐光启本人接受西学，既因其新而属闻所未闻的学问，也有意问一问所以然，以科学的态度研究历法。他认为：“改历一事，因差故改，必须究其所以差之故而改正之。前史改历之人，皆不其然，不过截前至后，通计所差度分，立一加减乘除，均派各岁之下，谓之改矣，实未究其所以然也。”[④]他批评历史上一些改历，只是

① 杜石然：《中国科学技术史稿》，下册，265 页，北京，科学出版社，1982。

② 钦定四库全书（文渊阁本）《新法算书》，卷一，788 页。

③ 同上。

④ 同上。

凭经验改进一些数据，根本没有搞懂七曜运行原理。这是有一定道理的，说出了中国古代历法的基本情况。怎么解决问题？徐光启提出："臣等昔年曾遇西洋利玛窦，与之讲论天地原始，七政运行并及其形体之大小远近，与夫度数之顺逆迟疾，一一从其所以然处，指示确然不易之理。较我中国往籍，多所未闻……故臣等窃以为今兹修改，必须参西法而用之。以彼条款，就我名义。从历法之大本大原，阐发明晰，而后可以言改耳。"[①]这就是说：不要再凭经验修修补补，先把基本理论搞懂，再来改历。而这大本大原的基本理论，尽在西学之中。名义是传统的，实质是西学的。

但是皇帝的诏谕犹在，朝中维护传统的还大有人在，所以不能全盘采用西学。徐光启将制历步骤定为："翻译既有端绪，然后令甄明大统，深知法意者，参详考定。熔彼方之材质，入大统之型模。"[②]这是一个设法调和矛盾的方针，但是这一矛盾存在着不可调和性。为知天命服务与把天文学转变为自然科学的研究目的是无法调和的。于是出现了妥协：历法仍然是皇权的体现，仍然是显示皇帝受天命地位的宣言，其在政治生活中的地位一如既往。但历法的原理与方法，人们对待天文历法的研究态度，却发生了根本改变。这一点特别明显地表现在清王朝钦定它为新朝历法的时候。颁历与钦天监的设立与前朝无异，钦天监的作用也无本质变化，但是清代对《西洋新法历书》中历法原理的研究却更加深入了，其中许多学者是抱着学术研究的态度去消化吸收的，其影响是深远的。

徐光启在编《崇祯历书》的时候，就十分注重被称做法原的基本理论，其篇幅大约占了全书的1/3。他将历书的基本五目比做"梓匠之规矩，渔猎之筌蹄"[③]。这基本五目除法原外，还有法数（即天文表）、法算（即必需的基础数学知识）、法器（即天文仪器）和会通（即中西度量单位换算表）。

概括地说，《崇祯历书》所讲天文学基本原理不同于中国传统天文学的内容主要有以下几方面。

（1）日月五星的运动已经归纳于一个可以计算的宇宙模型之中，这就是丹麦天文学家第谷的体系。它是月亮与太阳以地球为圆心的圆运动，与五大行星以太阳为圆心的圆运动的合成，从而可以采用几何学方法计算它们的运动。所以徐光启说："一义一法，必深言所以然之。"[④]

（2）明确了大地为球体的思想与原则，明确了地球与地球至其他天体的距离相

---

① 钦定四库全书（文渊阁本）《新法算书》，卷一，788页。

② 同上。

③ 同上。

④ 同上。



比是很小的，与太阳比也小得多。前者解决了天体测量的基本前提，引入了地理经纬度、天球与地球的关联、视差、蒙气差等；后者对于认识地球的地位和将天文观测纳入科学研究范畴是十分重要的。

(3)在数学方法上，引入几何学在天文中的应用，引入平面和球面三角学。《大测序》中说："大测者，测三角形法也。凡测算，皆以此测彼……故论此法者，谓于推步术中为农夫之剡耜，工匠之利器矣。"[①]在《测天约说》中徐光启强调了几何的意义，他说："数者，论物几何，众其用之，则算法也；度者，论物几何，大其用之，则测法量法也。"[②]实际上，这些数学方法并不限于在天文上应用。在历法原理与数学方法上，《崇祯历书》确实与传统历法大不相同。

第三节　宇宙观念的多样化与转变

在传教士东来之前，中国古代关于宇宙结构的主要学说有三家——盖天说、浑天说和宣夜说。

盖天说主张"天圆如张盖，地方如棋局"，是天圆地平的结构。该学说也力图给出数学解释，主要是：周都八尺表夏至日影一尺六寸，冬至日影一丈三尺五寸。以日影千里差一寸为原则，冬至时周都南十三万五千里处太阳位于天顶；夏至时周都南一万五千里处太阳位于天顶。冬至与夏至之间某一日周都日影恰为六尺时，周都南六万里处太阳在天顶。以周都南六万里处太阳高度为天的高度，按八尺表高影六尺的比例，六万里处天高为八万里，从而得出天地之间相距八万里。[③] 为了解释太阳视运动一年四季高度和出没的变化，盖天说家辅以七衡六间理论，即认为太阳在七条相距天极不同处的圆轨道上运行，并将这种圆运动投影到平面的大地上来讨论。盖天说是一个很不完整的宇宙模型，也不能自圆其说。天圆地平的基本观点，天地相距八万里和日影千里差一寸的基本数据，七衡六间的基本模式都是错误的。虽然运用数学运算，提出量化概念，确是中国天文学史上的重大事件，但它仍然不能作为计算天体运行及其位置的模型。



浑天说主张"浑天如鸡子，地如鸡子中黄"，"天之包地，犹壳之裹黄"[④]。由于它说"周天三百六十五度又四分之一，又中分之，则一百八十二度八分度之五复地

---

① 钦定四库全书(文渊阁本)《新法算书》，卷九，788～144页。

② 钦定四库全书(文渊阁本)《新法算书》，卷十一，788～172页。

③ 《周髀算经》，卷上，26页，34页，见《算经十书》，微波榭原刊本。

④ (唐)瞿昙悉达编：《开元占经·天体浑宗》，卷一，3页，长沙，岳麓书社，1994。

上;一百八十二度八分度之五绕地下”[①],可见它是一个圆球壳式的天包着水平的地的宇宙结构模型。“北极乃天之中也,在正北出地上三十六度。”[②]附着在天上的星随天而绕着斜极轴旋转,“故二十八宿半见半隐”[③]。其实它也是由周髀家中的一派研究出来的。他们认为:“天形南高而北下,日出高,故见;日入下,故不见。天之居如倚盖,故极在人北,是其证也[④]。”随着浑仪的逐步完善,浑天说也日臻完整,张衡的《浑天仪图注》成了其最完整的表述。浑天说作为天球模型是成功的,对中国古代天文仪器的发展作出了巨大贡献;作为一种宇宙模式,既不正确,也不完整。它没有讨论日月五星与恒星相对运动的具体模型,因而也不能成为历法家计算的依据。

宣夜说在《晋书·天文志》中记载最详。认为不存在实质体的天,日月等众天体各自在无边的空间中运行。反映出无所羁绊的思路和不受传统束缚的革命精神,从宇宙观说十分优秀,但从宇宙模式说却十分粗糙。对浮运于空间的天体,如何表现为人们看到的视运动现象,完全没有研究。它是古代哲人的思考,不是出自天文学家之手,所以也不能作为计算天体位置的模型。

由于前两家学说都有实质性的“天”存在,与中国儒家“天人合一”学说能够合拍,所以在历史上虽然发生过多次浑盖之争,这两家学说还是长盛不衰,成为中国古代主要的宇宙观念。宣夜说虽然杰出,因与天人学说潮流不合,既不为官方所接受,也不为天文家所取,其影响反而较小。纵观中国古代的宇宙结构理论,其最大的缺陷是:没有把科学合理地解释天体视运动作为理论追求的目标。

随着西学东渐的深入,西方的各种宇宙观念传入中国,主要的学说也是三家,即托勒密体系、第谷体系和哥白尼体系。前两家已收入《崇祯历书》,《七政序次古图》[⑤]为托勒密体系,《七政序次新图》[⑥]为第谷体系。前者的中心“为诸天及地球之心”,“月圈以上各有本名各星”[⑦];后者“地球居中,其心为日月恒星三天之心,又日为心作两小圈,为金星、水星两天,又一大圈稍截太阳本天之圈,为火星天,其外又作两大圈,为木星之天、土星之天”[⑧]。哥白尼的宇宙体系最早见于《坤舆全图》,是传教士蒋友仁(P. Michael Behoist, 1715—1774)于1760年献于乾隆的,后译文以

---

① (唐)瞿昙悉达编:《开元占经·天体浑宗》,卷一,3页,长沙,岳麓书社,1994。
② 同上。
③ 同上。
④ 《晋书·天文志》转引周髀家言。
⑤ 《新法算书》,卷三十六,788～634页。
⑥ 同上。
⑦ 同上。
⑧ 同上。



《地球图说》问世，“哥白尼置太阳于宇宙中心，太阳最近者水星，次金星，次地，次火星，次木星，次土星。太阴之本轮绕地球”①。

在西方，托勒密体系与哥白尼体系是对立的两个体系，折中的第谷体系并无多大影响。由于中国的政治文化背景与西方完全不同，加上传教士们的主观因素，这三个体系在中国成了言天三家，孰是孰非任由读者。只不过因历法计算采用第谷体系，它似乎成了正统。特别是入清以后，《西洋新法历书》得以颁行，《历象考成》又重加肯定了第谷模型，从而使其具有“钦定”地位。

西方传入的宇宙模型，都是以解释天体视运动现象为检验其理论的依据，采用的数学手段基本一致。在当时的观测精度和计算精度下，对中国人来说，它们几乎是“平权”的，并无优劣之分，也谈不上哪个正确。但是这些模型与中国古代言天三家相比，都具有理论完整、可以检验的优势，不能不对中国产生巨大的影响。只要用西法推算日月食，就不可能回避计算中采用的模型。

由于中国古代天文学有不追问天体实际运行图景的传统。不成文的看法是：那是天知道的事，非人力所为。若人通晓了这一切，上天还如何“示象”？在这种文化背景下，传入的宇宙模型与中国原有的模型一道并存，甚至其言天地位比不上浑盖二家，因为它们仅被当做一种假设，当做推算的工具，并非实有。《崇祯历书》就写有：“历家言有诸动天、诸小轮、诸不同心圈等，皆从齐诸曜之行变而已，匪能实见其然，故有异同之说。今但以测算为本，孰是孰非，未须深论。”②这种说法颇具代表性，但这是一种“鸵鸟策略”，是有感于这些模型大悖于中国传统观念，若不说成是方法假说，其在中国难以立足。尽管如此，守旧派还是不能容忍。尤其是哥白尼体系，在《续畴人传》序中，阮元就攻击它“上下易位，动静倒置，则离经叛道，不可为训，固未有若是甚焉者”。



阮元的话很有代表性，反映出哥白尼体系所具有的革命力量，确实也击中了中国天人感应学说的要害。苍天本无主，星运自有谱。天命子虚乌，人间革命路。哥白尼学说从根本上改变了中国人对天的观念，成为改良派和旧民主主义革命派的精神支柱。在《诸天讲》一书中，康有为大赞哥白尼，说：“吾之于哥白尼也，尸祝而馨香之，鼓歌而侑享之。”严复写出：“大宇之内，质力相推，非质无以见力，非力无以呈质。”③大宇之内没有了天命观的立锥之地。

宇宙观念的多样化，最终导致宇宙观念的大变化，这一变化对于传统的敬天观念来说具有重要的意义，动摇了天命观的基础，对中国天文学由探测和表达“天意”

---

① 蒋友仁：《地球图说》，清刻本。

② 《新法算书》，卷三十六，788～636页。

③ 严复：《译〈天演论〉自序》，见周振甫选注：《严复诗文选》，94页，北京，人民文学出版社，1959。

转向科学研究具有极重要的作用。

第四节　天文仪器的变化

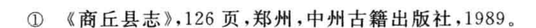
中国是一个天文仪器古国，制造天文仪器有悠久的历史和优良的传统。早在《尚书》中就有“璇玑玉衡”的记载，只是因为古代一词多义，对璇玑玉衡就有释为北斗七星和释为天文仪器的。其实一词多义也是实际存在的现实反映，从以后对这一名词的使用也可看出，它既指北斗也指仪器，定量观测北斗运行就需要仪器。不光是有关天文仪器的名词出现得早，就是安置仪器的天文台也出现得很早，河南商丘市郊有个灵台寺，它就是春秋五霸之一宋国的天文台遗址，至今有遗迹留存。历史上称它为“宋仪台”[①]，表明当时曾在台上运行过天文仪器。

《石氏星经》[②]中恒星赤道坐标的数值测量结果，长沙马王堆汉墓《五星占》[③]关于行星位置的记载，使天文学家们相信，至迟在战国时期中国已经有了测量恒星位置的浑仪。

中国古代天文仪器不仅出现得早，而且出现过许多“世界之最”。例如东汉张衡制造的浑象，可以经水力推动自动达到与天体周日视运动同步的水平；唐代一行和梁令瓒又再次造出水运浑象；宋代苏颂与韩公廉制成的“水运仪象台”，更创造了可开启和关闭的天文观测室、转仪钟、报时钟、水运浑仪和水运浑象；在苏颂之前不到一个世纪的张思训制成“太平浑仪”，其运作的动力介质采用黏滞系数小而密度大的水银，报时钟加上了显示星期变化的“七值神”，成为最早带有日历的天文钟。

中国古代传统天文仪器相当完备，用于日影、时刻测量的圭表、日晷有汉代的遗存保留。固定的高表建筑有登封元代观星台依然屹立，它们可用于测定冬至、回归年长、太阳出没方位及正午高度等。浑仪和浑象可以配合起来用于恒星的测量，也可用于日月五星的观测。带有平水壶的多级漏壶及水运天文钟是良好的授时工具。不仅如此，这些仪器历代有所革新和创造：有过黄道游仪，可以测量出天体的黄道内外度；有过十分复杂的李淳风浑仪，它不但有赤道圈、地平圈、子午圈，还有黄道圈和白道圈，将空间天文坐标系直观化；有过水运浑象和水运仪象台；有过地平在球内的浑天象和地平在球外的浑象；有过兼有浑仪和地平经纬仪功能且结构简单的简仪；有过变仰视测量为俯视测量的仰仪；有过人在球内的演示天象的假天仪；有过可在运动过程中计时的马上刻漏等。它们是中国古代天文学高水平发展





① 《商丘县志》，126 页，郑州，中州古籍出版社，1989。

② （唐）瞿昙悉达编：《天元占经·二十八宿及石氏中外官》，卷六十至卷六十八，长沙，岳麓书社，1994。

③ 刘云友：《中国天文学史上的一个重要发现——马王堆汉墓帛书中的五星占》，载《文物》，1974(11)。



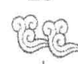
的产物，是中国古代天文学的优良传统。

中国古代天文仪器不仅有天文观测满足理论研究的功用，还是“通天”的礼器，安置天文仪器的灵台就是“通天”的圣地。这一观念直到清代也没有变化，就是由外国传教士主持设计的天文仪器，也都收录于《皇朝礼器图式》之中，在一定程度上它们是皇家探知“天命”的神器，所以一般来说不能为民间所拥有和使用。天文仪器的这类功能是由中国古代天文观念所决定的。这种思想甚至影响到西方传教士，由他们主持设计制造的天文仪器，其外形装饰就必须满足“礼器”的要求，要吸收传统天文仪器的造型装饰。

中国古代天文仪器的结构极具民族特色，托起仪器的蟠龙支撑柱、云形花纹，使其具有庄严神器的特征；昂首的龙头、欲飞的态势，告诉人们它有“通天”的功能。历来使用的浑仪、浑象以及后来出现的简仪，都采用赤道式结构，十分先进。即使有些仪器上增加过黄道、白道，其赤道仪的性质也未改变，因为仪器的主轴只有天极轴，由黄道或白道起算的纬度值，也都相对于天极计量，所以测出的黄道内外度并不是今天黄纬的概念；再一个突出的特点，是将一圆周定为 365 $\frac{1}{4}$度，以此标准刻划度盘。

中国古代的天文仪器能不能满足当时社会的需要？回答是肯定的。特别是元代天文学家郭守敬，制作的仪器十分精密，他制作的简仪百刻环上刻着 12 时辰和 100 刻，每一刻又分成 36 份，成为一周刻划 3 600 份的刻度盘，即使从今日的量度标准看，其刻度精度已达到 10′，对于裸眼观测来说，几乎达到了精度的极限。而当时的数值计算常采用近似计算，虽然祖冲之早在南北朝时代已将圆周率精确计算到小数点后 7 位，但在实际运算中仍一直沿用“围三径一”的圆周率。所以传统天文仪器完全能够满足当时历法精度的要求，即使是清初颁用了《西洋新法历书》，采用传统天文仪器也可满足需要，它是由中国古代天文学的性质与任务所决定的。





虽然西方传教士在 16 世纪中叶就进入中国，但终明一代，钦天监所使用的仍是郭守敬式的四大仪器，即浑仪、浑象、简仪和圭表。清康熙八年(1669)，比利时传教士南怀仁受命督造新的天文仪器，他很了解天文仪器在中国的作用，在他主编的《灵台仪象志》一书中写道：“夫古帝王宪天出治，未有不以钦若敬授为竟竟也，皇古以前可不论，已若夫《尧典》置闰余而定四时，纪七政而明天度，必在璇玑玉衡以齐之者。诚以历必有理与象与数，而仪器即所在首重也。”十分肯定天文仪器用于钦若昊天，敬授民时，是用于实际观测天象检验历法，测量天体方位的。但他同时又是一个在罗马和布鲁塞尔等地学习和研究过天文学的西方天文学家。1660 年接受顺治皇帝任命去钦天监担任汤若望(Johann Adam Schall vow Bell，1591—1666)副手的时候，很受比他年长 30 多岁的汤若望的夸赞。1661 年 3 月汤写给耶稣会总

会的一封信中这样称赞南怀仁:“他不仅掌握了这方面的科学,而且谦虚、坦诚;当他对这门学科从头到尾作了简明扼要的陈述后,我觉得无需再作任何补充。”[①]对欧洲天文学颇有造诣的南怀仁不会去仿制中国传统的天文仪器,他的真实想法,反映在他所监制的天文仪器上。

杨光先的状告,使他和其他传教士入狱。但这次中西对垒,以南怀仁为代表的传教士是最后的胜方。不仅为汤若望平冤,而且使吴明炬等编算的康熙八年(1669)历法被否定。在这一背景下受命督造新仪,他自然要抓住这个机会,进一步显示西方天文学不仅在历法方面,就是在仪器制造方面也是优越的。但是他没有把当时正风靡欧洲的望远镜引入中国,而把目标盯到了一个世纪以前的第谷身上。为什么不把最先进的东西引进中国天文台?这是一个颇为复杂的问题,这同他对中国官方天文学的了解有关,也同望远镜当时还未在方位天文学方面显示威力有关。他选择第谷在丹麦汶岛天文台上的仪器为范本,希望使用裸眼观测时代欧洲最先进的天文仪器,代替中国传统的天文仪器。

南怀仁了解天文仪器在中国是皇朝礼器的地位,也知道它们并不用来从事探索天体运行规律的研究。但作为一个天文学家,他为自己提出了很高的标准,这就是从外形装饰上采用中国传统仪器的风格,使其满足皇朝礼器的功能;在实质内容上,采用第谷的天文仪器体系。不仅在装饰上有别于第谷的仪器,而且也要吸收中国传统仪器的优点,加入自己的革新与改造,使它们成为超过第谷仪器的一流天文仪器。结果这些仪器最后成为取自第谷而高于第谷,吸收传统而区别传统,基于西方而融入东方特色的天文仪器。

说它取自第谷,是因为六件仪器都是第谷曾制成并使用过的,由第谷的著作 *Astronomiac Instauratac Mechanica*[②] 中还可看到这些仪器的插图。说它高于第谷,是造型好,结构有改进,坚固而平稳,刻度统一。例如赤道经纬仪的赤道环,仅用南半天球一个半环支撑,简捷而避免遮挡之弊病。纪限仪使用滑轮而不是第谷的支撑杆,使用齿轮而不是第谷的半圆环。说它吸收中国传统仪器的长处,如造型、稳固和象限仪的窥衡。说它区别于中国传统仪器,是因为它们的原型全部采自第谷,并且在以下四方面差别明显。



(1)中国古代没有以黄极为仪器极点,连接南北黄极为转动轴的仪器。换言之,中国没有制造过现代黄道坐标意义的黄道仪,而是在浑仪系统中加有黄道的准黄道坐标仪器。

---

① 《康熙皇帝的第一位洋教师——南怀仁》,见《中西文化交流先驱》,151页,北京,东方出版社,1993。

② B. Tycho:*Astronomiac instauratac mechamica*. Wandesburg,1598,E. Thoren,“New Light on Tychos lnstruments”,*Iournal of History of Astronomty*,1973(4),25～45.



(2)中国古代一圆周采用 365 $\frac{1}{4}$度制，而不是 360 度分划制。

(3)读数系统特别是刻度体系完全不同，南怀仁采用了角截线分割刻度法，从而可以读取到 1 弧分，达到裸眼读数精度的极限。

(4)中国古代没有测量处于任意圆弧上两星角距离的仪器，纪限仪是纯欧式的仪器。

由此可见，南怀仁已尽力将他监制的仪器做到裸眼使用的最高水平。在牛顿(Sir Isacc Newton，1643—1727)刚刚制成他的反射望远镜，折射望远镜还处在单镜头、长镜头的时代，望远镜还未在方位天文领域里显示优越性的时候，南怀仁不大可能将望远镜引入中国官方天文台。如果他真的在灵台上安装了望远镜，显然会大大促进中国天文学的发展，可惜直到清代灭亡，这样的事情也未能发生。

新生的望远镜具有强大的生命力，当北京古观象台于乾隆十九年(1754)安装好最后一台仪器——玑衡抚辰仪的时候，欧洲已经出现了消色差透镜。使用望远镜测量的星表，北天的有弗拉姆斯蒂德星表，南天的有哈雷星表，俱已问世，南怀仁等人制造的仪器很快就成为古董，这确实是他始料不及的。尽管传教士们花了很大的精力，制造了在某些方面比传统天文仪器精度高的新仪器，但它们对中国天文学走向近现代，却几乎没有产生什么影响。

第五节　中国天文学向近代天文学过渡

16 世纪中叶以哥白尼学说为转折，天文学的发展进入近代天文学阶段。17 世纪初望远镜发明。随着观测技术的迅速发展，近代天文学发展极快，取得了巨大的成就。与古代天文学相比，近代天文学有几个显著的特点。



(1)有了一个正确的太阳系图景，地球正确地放到了一个普通行星的地位，地球的公转和自转，解释了以往许多混乱的不能清楚回答的问题。以自然界存在的客观事实和规律去正确地反映现象，摒弃那种以人为的主观设想去满足宗教需要的做法，使自然科学独立出来。

(2)探测能力和手段得到极大的发展。科学不仅是知识体系，也是获得知识的手段和方法，是正确地判断和探索的过程。几千年来人类的天文探测一直局限于肉眼，无法突破这个限制。伴随着望远镜的发展而发展的近代天文学，一下子突破了这个限制，将人类的视界扩展到肉眼绝不能看到的领域，大大扩展了人眼的分辨能力，这是古代天文学绝对无法与之比拟的。天文学迈出了与人文科学交织的状态，成为自然科学。

(3)近代天文学是社会进步的促进剂，同时又随着社会的进步而得到强有力的

支持，从而实现天文学的迅速发展。当时欧洲正走向资本主义，海外掠夺和殖民主义发展，对天文学提出强烈的社会需求，地理测量与天文测量相互推进，资本的积累刺激天文学发展；积累的资本支持天文学的进一步发展。天文学从个人的自由的研究方式过渡到国家办的方式，人力、财力得到保障，研究条件发生重大变化。

(4)近代天文学是在同教会势力、宗教教义思想激烈斗争中发展的。由于欧洲原来宗教势力极为强大，所以近代天文学挣脱宗教束缚受到全社会关注，其社会影响巨大。而这一冲击对教会影响更大，成为学习和研究神学不可能回避的问题，造就了许多教会天文学家。

明末清初的中国天文学，还不具备近代天文学的条件。从体系上说，还停留在传统天文学体系上；从观念上说，天文学还没有成为独立的自然科学；从技术上说，还停留在古代肉眼观测的阶段；从社会需要上说，天文学还是为推算历法和验证历法服务的，还是维护皇帝“通天”的工具；从认识上说，还没有一个正确的宇宙图景；从对待天文学的态度上说，天文学仍被看做制历的技巧，宇宙模型仅被当成推算所需要的假设。显然要过渡到近代天文学，还有很长的路要走，这就决定了中国古代天文学向近代天文学的过渡十分缓慢。

中国古代天文学是在自身社会经济和政治文化背景下发展起来的，它相对地说比较完善，既满足了社会经济发展的要求，又与社会政治关系密切，成为与中国社会十分自洽的天文学体系。它有古代天文学最重要的特色，即它是科学、哲学、史学、政治学、军事学、建筑学、文学、民族民俗学的一个综合体，是自然科学与人文科学的结合，还未能分离出来成为自然科学。这一状态在16世纪末17世纪初也丝毫没有发生变化，所以，在受过欧洲近代天文学熏陶的传教士看来，中国当时的天文学落后的是一个时代。因为不管传教士个人是相信或者将信将疑还是反对哥白尼学说，欧洲已经进入把天文学作为自然科学的时代。这不是通过某些具体的天文问题对比一下，就能作出中国当时天文学是否已经落后的结论的问题。

传教士东来，不论他们怀着多么强烈的传教欲望，他们都受过天文学革命的影响。他们都因新天文学对教会的强烈冲击，不同程度地卷入这场冲突，他们中的一些人因此而有相当高深的天文学造诣。由于传教的需要，他们在中国参加了振兴中国天文学的历史进程。在这一过程中，他们在一定程度上是代表近代天文学一方的，尽管他们或是个人原因或是出于宗教原因不赞成哥白尼体系，但如果讨论大的方面而不是具体的细节和技术问题，则核心的区别是：天文学该不该成为一门自然科学。

在中国古代天文学向近代天文学过渡的过程中，传教士们起了极为重要的作用。他们做了许多基础工作，为这一过渡创造了条件。至少可以列出以下几项。



(1)他们逐步向中国介绍了欧洲天文学革命及其部分成果。例如伽利略用望远镜作出的天文新发现、椭圆定律，蒋友仁进献《坤舆全图》上的哥白尼体系等。

(2)他们逐步向中国介绍了新的天文仪器——望远镜及其威力，使中国人知道了一种探测新手段。

(3)他们在讲历法推算时是建立在天体运行模式上的，这在中国古代是没有的。其潜移默化的影响是涉及天文学研究目的的。究竟要不要知道天体真实运动的情况？要不要知道它们的大小、距离和造成这一视运动的原因？中国古代一般不讨论行星的真实运动情况。这一思想的转变意味着向近代天文学的转变。

(4)他们介绍了欧洲新发展起来的实用天文学，测量经纬度、地球的大小、绘制地图等都是近代天文学的新成果。

(5)他们介绍了许多基础知识，特别是引进几何学、三角学，为学习近代天文学做了基础性的建设工作。

(6)他们做了许多基础性的准备工作。例如中西星名对照、编制星表、绘制星图，有利于与近代天文学接轨。

(7)他们写成的许多学术著作，成为中国天文学家学习的教材。

(8)他们为中国培养了在过渡时期发挥极大作用的中国天文学家。

(9)他们在天文工作中，广泛地运用自然科学知识，产生了一定的影响。例如南怀仁在说明他的天文仪器时，运用了力学、机械学、制图学、热学、气象学等多种学科的知识，将物理学、冶铸学、工艺学结合于仪器的设计制造，也同时将这些学科的知识介绍进中国。

传教士起了重要的作用，但中国天文学走向近代天文学还是要靠自身的变化。鸦片战争将中国推向半封建半殖民地社会，痛苦的经历使中国的先进分子认识到不发展科学技术就会挨打，就要受欺负。是帝国主义的侵略从反面教育了中国人民：必须发展科学技术。当中国天文学走向近代天文学的时候，回过头来看明清时期传教士的天文工作，可以说他们为这一过渡作了准备。





第三章 欧洲天文学的革命

正当明代天文学家努力寻找复兴天文学之路的时候，欧洲的耶稣会传教士于16世纪80年代来到了中国，从而开始了近一个世纪的西方天文学的传入时期，中国天文学也因而开始了从古代向近代转变的历程。在这近一个世纪的时期中，欧洲天文学本身也正经历着一场今人所谓的科学革命，正处于一个脱胎换骨的过程之中。而且，这个过程又引发了科学、宗教等方面的一系列冲突，这就使这次西方天文学东传以及中国天文学的转变过程变得更加复杂了。因此，在正式开始对这次交流和转变过程的考察之前，很有必要花一点时间来对这场变革过程进行一些回顾，这对即将进行的考察是极有帮助的。

第一节 欧洲古代天文学体系的形成及特点

一、欧洲古代天文学体系的形成

欧洲古代天文学体系是在古希腊文明的土壤上发生、发展并走向成熟的。欧洲古代天文学体系实际上就是古希腊天文学体系。这个体系的形成是古希腊两大天文传统的发展结果：一是由数学天文学家所建立的数学天文学传统，主要是借用数学方法（对古希腊天文学家来说主要是几何方法）来对天体运动进行描述和计算；二是自然哲学家所建立起来的宇宙学传统，主要是从自然哲学的立场对支配天体运动的第一原理、宇宙的真实图景、天体的物质组成与基本性质以及天体的排列次序和运动机制进行探讨。公元前1世纪的著名天文学家盖美诺斯(Geminus)在总结古希腊天文学发展时指出，当时学者在研究天体运动中主要遵循了两种方法：其一是物理学方法，即推想构成宇宙的基本物质；其二是天文学的方法，即从数学的图形去推导天体的运动。这是对古希腊天文学中两大传统的极好总结。[1]



古希腊数学天文学传统的正式开创者是柏拉图(Plato，前427—前347)，因为正是他首先指出，天文学是几何学的一个分支，天文学家的任务就是要研究可以说明天体运动现象的那些几何图形——即毕达哥拉斯(Pythagoras，约前560—

① J. Losee著，邱仁宗等译：《科学哲学历史导论》，21页，武汉，华中理工学院出版社，1982。

前 480)学派所推崇的圆形。他的学生欧多克斯(Eudoxus,约前 400—前 347)则进一步强调,在天文学中必须把几何学与实际天文观测结合起来,并亲自建立起了希腊天文学史上的第一个数学天文学理论体系,即同心球理论体系,试图把每一天体的运动视现象归结为一组以地球为中心的同心球匀速转动的合成结果。这套理论虽然有着很好的几何对称性,但却存在两个致命的弱点。首先,它无法解释某些天体在亮度上的变化,因为这种变化显示,天体到地球的距离可能是有所变化的。其次,欧多克斯等人并没有把天文观测得到的经验数据用于该模型,以检验其所产生的数值结果[①],所以只能用于天体运动的定性解释,无法满足实际天文计算的需要。因此,这套理论虽经卡立普斯(Callipus,约公元前 4 世纪)及亚里士多德(Aristotle,前 384—前 322)先后补充修改,结果还是被天文学家们逐渐放弃了。其解释天体运动的具体机制也很快被人遗忘,只有在亚里士多德的宇宙学著作中还有一些片断可寻。

同心球体系的失败促使希腊数学天文学家在天体运动几何机制上另找出路,最后阿波罗尼(Apollonius,前 262—前 190)提出了著名的偏心圆及本轮—均轮两种新模型。这两种模型不仅克服了同心球模型的第一个缺点,而且简洁明了,非常适合于引入几何运算。不久,喜帕恰斯便据此建立了描述日月运动的几何模型,发明了确定这些模型基本参数的方法以及根据几何模型进行天文计算所必需的三角学,使本轮及偏心圆模型从此具备了定量描述和计算天体运动的功能。到 2 世纪,托勒密在充分吸收喜帕恰斯等前辈天文学家成果的基础上,对基于本轮及偏心圆模型的数学天文学理论作了进一步的发展,使之成为一个完整的理论体系,并在《至大论》中对这一体系进行了系统的描述。凭借这一理论体系,可以解决当时天文学家所面临的全部天文计算问题。以前天文学家所提出的那些数学天文学理论除了被吸收到该书之中的部分外,几乎被人完全遗忘了,包括喜帕恰斯在内的绝大多数天文学家的著作也几乎全部失传,托勒密数学天文学就此成为古希腊数学天文学的唯一代表而为后代所继承。



古希腊第一个完整的宇宙学体系,是亚里士多德在其《论天》中根据欧多克斯同心球理论,按自己的物理学原理构建起来的。这个体系随着亚里士多德自然哲学的盛行而得到流传,影响颇大。连托勒密都继承了其中的绝大部分内容,并以之作为《至大论》的宇宙学前提。在《行星假说》(*Planetary Hypothesis*)[近代有学者认为,此书至少有一半内容为阿拉伯人的伪托之作。但 20 世纪 60 年代,戈尔茨坦

---

① Otto Neugebauer:*A History of Ancient Mathematical Astrnomy*, BKⅢ, Springer-Verlag, 1975.

(B. Goldstein)以无可辩驳的版本考证证明,它的确全部出自托勒密之手][①]中,他又进一步尝试着把《至大论》中的那些几何模型“安装”到亚里士多德的同心球体系之中,形成了一套以托勒密数学天文学为基础的宇宙学理论。

总而言之,由古希腊学者所发展起来的欧洲古代天文学体系在2世纪时已得到最终确立。这一体系包括数学天文学及宇宙学两大方面,前一方面的代表为托勒密数学天文学,后一方面则以亚里士多德及托勒密的宇宙学为代表。尽管这两大方面在欧洲中世纪基本上沿着相对独立的传统继续发展,但却一直有着很强的相关性:一方面,数学天文学家总是力图使自己的理论不与自然哲学家的宇宙学基本原则相矛盾;另一方面,自然哲学家们在讨论宇宙学问题时也总要以托勒密数学天文学为“边界条件”。因此,对现代研究者来说,要想全面把握欧洲古代天文学体系的总体特点,就必须把这两方面的内容同时考虑在内。

二、托勒密数学天文学的主要特点

托勒密数学天文学的重点是日月五星理论与交食理论,恒星理论作为天体运动理论的一个重要环节也被囊括在这一理论体系之中。除此之外,三角学和球面天文学也被作为预备知识而受到重视。

球面天文学所讨论的问题主要涉及黄道、赤道、地平等三种坐标的换算,以及不同地理纬度处的昼夜长短、晷影变化等问题。全部讨论均以严格的球面三角公式为基础。

三角学包括平面与球面三角学,分别以喜帕恰斯所发明的弦函数(相当于正弦)及美尼劳斯(Menelaus,活动于公元100年前后)提出的球面三角公式为基础,是直接服务于各种天文计算的最主要的数学工具之一。

恒星理论一方面讨论了岁差问题,另一方面则以星表的形式介绍了星座及各座中每一恒星的位置与星等。其中,恒星位置是以黄道坐标表示的,而星等则是依据恒星的所谓相对体积大小而定的。

日月五星理论主要从数学上对这些天体的运动规律进行分析,据以建立天体运动的几何模型,再讨论由模型计算每个天体任一时刻位置的方法,全部计算与分析也都是以黄道坐标系为基准的。

交食理论主要在日月运动理论的基础上进一步解决日月食的计算问题,在计算中考虑了日月距离的变化以及月球视差等因素的影响。

从整体上来看,这套理论体系主要有以下特点。

---

① O. Neugebauer:*A History of the Ancient Mathematical Astronomy*,Part Two,918页,Springer-Verlag,1975.



(1)有着纯理论性的研究目的。尽管希腊数学天文学可以为星占及历法安排服务,在实际中也常常如此,但托勒密等数学天文学家所强调的并不是它的这些实用性质,而是它的纯理论性,即把它作为几何学的一个分支,像几何学那样通过对天体圆周运动的认识达到对事物美妙与和谐的认识,以获得柏拉图所谓的确切的、可靠的知识。

(2)整套理论系统具有十分清晰的内在逻辑性。由于强调数学天文学的纯理论目的,托勒密十分注意整套理论体系内在逻辑的体现,在《至大论》中专门讨论了所谓"定理的次序"问题。[①] 因此,他的理论体系显示出了十分清晰的内在逻辑性。从日行理论、月行理论、交食理论,到恒星理论和五星理论,每一部分都是以前一部分的问题已得到解决为前提的。因为,托勒密在分析和确定每一部分天体的位置时,都是以前一部分天体的位置为基准的——在分析五星运动时以恒星位置为背景,在确定恒星位置时则以日月位置为参考,而在考虑月球的位置时又以太阳位置为参照。至于交食理论,则是作为日月理论的应用和检验而位居日月理论之后的。

(3)在分析和计算天体运动时以严格的几何模型为依托,以严格的几何及三角学方法为数学工具。托勒密处理天体运动的基本思路是:把匀速运动(即平运动)看做日月五星的基本运动,把它们复杂的视运动现象看做对平运动偏离的结果,以平运动加减偏差运动来求它们的真运动。至于每个天体平运动和偏差运动的变化规律及叠加关系,则通过分析实测资料,建立起一个合适的天体运动几何模型来加以表述。然后以模型为基础,通过平面几何及三角学方法找到推算偏差值的一般方法,据以推求差数表。在实际计算中,只需按模型所显示的叠加关系,直接用表推算。



(4)有一套通过实际天象观测资料构想天体运动几何模型,并推算模型参数的特殊方法。在选取天体运动几何模型时,托勒密的出发点是偏心圆(图 3－1)或等效的本轮－均轮模型(图 3－2),然后根据天体运动的实际情况来对它们进行修改。例如,由于当时发现太阳运动只存在一种偏差,所以就只需用一个偏心圆或一个本轮－均轮模型即可加以描述。而对月球运动,托勒密发现还存在第二种偏差(出差)。根据这种偏差在朔望时影响为零,在两弦时影响最大的变化规律,托勒密便让月球均轮的中心沿着一个以地球为中心的小圆运动(图 3－3),较好地描述了已发现的两种偏差。根据同样的原则,他把外行星的运动模型设计成一个对点圆加一个本轮的模型(图 3－4),并让内行星的均轮中心沿一个绕对点的小圆运动(图3－5),就像月球均轮中心围绕地球运动一样。至于模型参数(包括偏心率、本

① 宣焕灿:《天文学名著选译》,35 页,北京,知识出版社,1989。

轮半径及远地点位置等)的推求,托勒密采取了选用少数几个最能反映各项差数的影响,同时又能把其他各种干扰因素排除在外的方法。《至大论》中用了一定篇幅来介绍这种推求方法,但也略去了许多繁杂的推算过程。

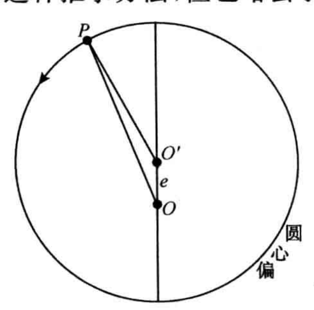


图 3－1　偏心圆模型

O′. 地球　P. 行星,

相对于 O′作匀速运动

O. 偏心圆中心　e. 偏心率

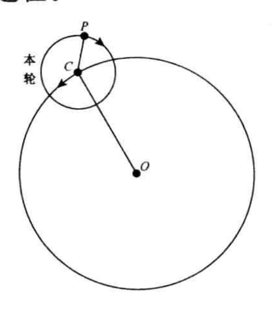


图 3－2　本轮－均轮模型

O. 地球　C. 本轮中心

P. 行星　P 相对于 C,C 相对于

O 作匀速运动

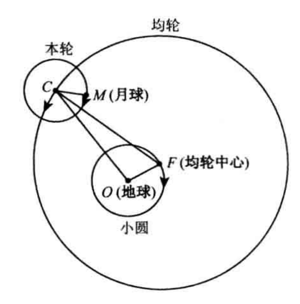


图 3－3　托勒密的月行模型

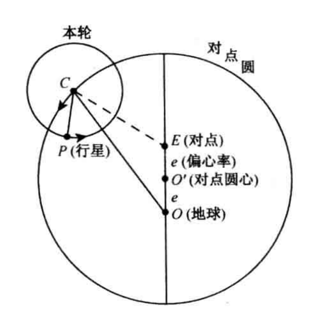


图 3－4　托勒密外行星模型

其中 C 相对于 E 作匀速圆周运动

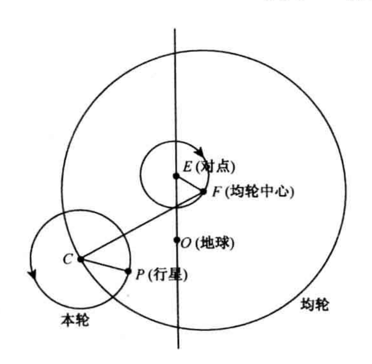


图 3－5　托勒密内行星模型



三、亚里士多德与托勒密宇宙学的基本特点

1. 亚里士多德宇宙学

按照亚里士多德(Aristotle,前 384—前 322)的观点,宇宙学的任务在于探讨宇宙这一客观存在的"本性"(Nature)。为了达到这一目标,就要对它的本体、性质、运动及原理进行研究,而且既要讨论其整体,又要讨论其部分。因此,在《论天》中,他首先对组成宇宙本体的元素及其性质进行了讨论,然后在此基础上依次对宇宙作为一个整体的基本性质以及作为其部分的天球、星体与地球进行了逐一讨论。从基本观点上来看,他的理论主要有以下特点。

(1)强调天界与月下界之间的差别。由于亚里士多德认为,组成天界物体(即天球与星体)的基本元素"第五元素"(即以太)与组成月下界物体的火气水土四元素有着根本的区别,所以,便把整个宇宙划分为两个相互连接却互不相同的部分,即天界与月下界。根据他赋予以太的性质(无轻无重,无生无灭,以圆周运动为自然运动),他证明,天界比月下界高贵和完美,不存在月下界所具有的那种生灭变化,天体是永恒的,其运动必须是匀速圆周运动。

(2)坚持地圆、地心及地静观。亚里士多德时代,希腊学者在大地的形状、位置及运动状态等问题上尚未形成统一的看法。米利都学派认为地是扁平或圆柱状的,毕达哥拉斯学派则提出了地球绕中心火团运动和地球自转的观点。作为欧多克斯数学天文学理论的信奉者,亚里士多德采纳了地圆、地心及地静的观点,不仅对违背这些观点的学说进行了批判,而且从物理学及天文学等角度对自己的观点进行了论证。同时还指出,与天体相比,地球体积并不算大。在反证地动说时还提出了两个著名的悖论,即"视差悖论"(即认为地球公转必然造成明显的恒星视位置的改变,但在实际中却看不到这种变化)和"落体悖论"(即认为地球自转必然使落体无法垂直下落,但实际中的落体并非如此)。直到 17 世纪,这两条悖论一直都是人们反对地动说的主要论据。

(3)以同心球体系为宇宙的真实图景。亚里士多德证明,天界是球状的,必然有多层天球,每个天层都应参加宗动与自动两种运动,必须要用多个天球来描述其中每一个天体的复杂运动等,这实际是对同心球体系真实性的论证。为了使同心球体系在物理上显得更加可信,他还特地在各天球之间插入了一些附加天球,使不同天层的天球之间的自动不至相互牵连。天球本身也都被他想象成是由以太构成的实在物体,而且具有很强的刚性。

(4)否定恒星及日月五星的自由运动。与同心球体系的实在化相对应,亚里士多德还认为,恒星及日月五星都不存在自由运动。它们都被固定在各自的天球之



上，由天球带动运转，而各个天球的转动则是由一些“不动变本体”推动的，并且，推动宗动天的“第一不动变本体”是第一推动力的来源，其他“不动变本体”则通过一种善与向善的伦理学关系来模仿它的运动，以此推动各自的天球。

(5)强调天体运动对月下界物体运动变化的控制和影响。在证明天界何以要存在多个天体的多种运动时，亚里士多德从目的论的观点出发，认为，这正是月下界物体千变万化的运动变化所要求的，因为，月下界物体的这种运动变化正是由天体的运动变化控制和影响着的。

另外，亚里士多德还强调，宇宙作为一个整体具有有限性、唯一性以及永恒性(无生无灭)，但这一观点对中世纪学者的影响不大。

2.托勒密宇宙学

托勒密的宇宙学说主要集中在其《至大论》卷一及《行星假说》之中，从总体上来看，他在宇宙的基本元素与两大层次、地球的各项性质以及世界的同心球形状等方面的观点与亚里士多德宇宙学大体相同。而且，由于亚里士多德之后地动说观点并未完全销声匿迹，出现了阿利斯塔克(Aristarchus，约前 310—前 230)的日心地动说。所以，他尤其强调了地心地静体系的正确性，在亚里士多德反证地动说的两条悖论之外又引入了“抛体悖论”，认为由于地球“在如此短促的时间内进行一次如此巨大的旋转，从而使所有不呆在地上的物体都具有一种相反的运动”，因此会使抛体的运动路线和速度受到影响，但实际上并非如此。

总的说来，托勒密天文学与亚里士多德宇宙学相比仅有以下差别。

(1)改变了亚里士多德的天体运行机制。托勒密虽然承认各天体所在的不同天层具有同心球的形状，但却从自己的天体运动几何模型出发，改变了亚里士多德的天体运行机制。为了克服自己的本轮、偏心圆及对点圆等几何模型与天层同心球形状之间的矛盾，他把每个天层都想象成一个有着偏心圆夹层的空心球壳，正好可以容纳代表偏心圆、对点圆的天球带着本轮在其中运动(图 3—6)。不过，他还提出，也没有必要非得把每个天层都看成完整的中空球壳，只要保留日月五星运动范围以内的部分即可。另外，他还认为天体的运动动力均来自其自身，无需外力推动。

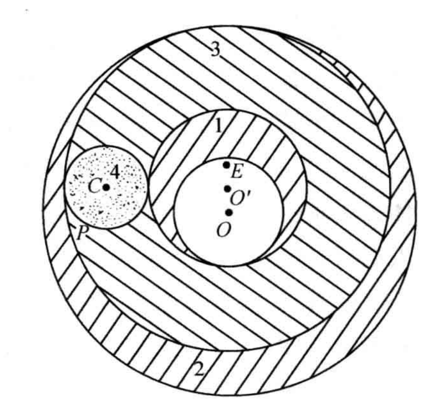


图 3—6　托勒密天体运动的模型(以外行星为例)
1,2. 同心球壳　3. 对点圆天球　4. 本轮天球

(2)引入了天层及星体大小的数据。托勒



密认为，整个同心球体系应该是这样安排的：相邻行星（此处指日月五星）的天球是相互套接（除太阳与金星天球之间有一段空缺外）的，每颗行星到地球的最大距离等于其外侧行星到地球的最小距离。根据这样的假定，他以他在数学天文学中所推出的日月距离为基础，通过其他行星几何模型的基本参数，依次推出了它们的近地距、远地距和恒星天球到地球的绝对距离。然后，结合各个天体的视直径算出了它们的直径和体积。

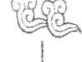
在中世纪，托勒密对亚里士多德宇宙学的这两个改变成了人们调和亚里士多德宇宙学同托勒密数学天文学之间矛盾的一种常用途径。

第二节 哥白尼对欧洲古代天文学体系的继承与发展

一、哥白尼时代的欧洲天文学

1. 亚里士多德宇宙学成为教会的正统学说

6—11 世纪是欧洲学术史上的黑暗时期，在这一段时间里，亚里士多德和托勒密的天文学与宇宙学著作几乎完全被人遗忘。直到 12—13 世纪，随着希腊科学从阿拉伯这一大学术“冷藏库”中向欧洲大规模回传，它们才重新为欧洲学术界所知。不过，首先引起人们兴趣的并不是托勒密那繁琐的数学天文学，而是亚里士多德的宇宙学。经过托马斯·阿奎那等正统神学家及经院哲学家们的努力，这一宇宙学系统被完全纳入了宗教神学的框架之中。以地球为中心的同心球宇宙模型变成了“人是上帝创造万物的目的”这一神学教条的证据之一；被亚里士多德作为宇宙第一推动者的“第一不动变本体”被转换成了上帝；推动其余天层的“不动变本体”则相应地变成了听命于上帝的天使。与此同时，亚里士多德关于宇宙有限性、唯一性以及永恒性等与教义相左的观点则被公开禁止。因为按正统神学观点，在宗动天外还存在一个无限大的“永静天”，那里是上帝的居所；现实世界虽然只有一个，但上帝如果愿意，完全可以创造出更多的宇宙；现实的世界就是上帝从虚无中创造出来的，因而并非永恒，等等。正像丹皮尔（W. C. Dampier）所指出的那样：“阿奎那对于亚里士多德的科学就连细节也设法使之与当时的神学相结合……于是全部自然知识就和神学结合成为一个坚固的大厦，在这个大厦中各个部分是相互依赖的，所以对亚里士多德的哲学或科学的攻击，便是对于基督教义的攻击。”[1]这一点在宇宙学方面的表现尤其明显。



① W. C. 丹皮尔著，李珩译：《科学史及其与宗教哲学的关系》，143 页，北京，商务印书馆，1979。

当然，经院哲学家们也发现，亚里士多德的同心球宇宙模型无法满足实际天文计算的需要，而托勒密的那些天体运动几何模型又与同心球理论存在矛盾。但是，他们很快就从塔比库拉(Thabit Ibn Qurra，约826—901)和阿尔哈曾(Ibn al-Haytham，约965—1040)等阿拉伯天文学家的著作中学会了托勒密在《行星假说》里所提出的调和方案。

2.托勒密数学天文学得到了复兴但也面临着改革

尽管在12—13世纪的大翻译运动中，《至大论》以及许多以《至大论》为基础的阿拉伯天文学著作已从阿拉伯文翻译成了拉丁文，但其中那些复杂的数学处理过程在很长时间里并未被人们真正理解。直到15世纪中期，维也纳大学的坡亚巴赫(G. Peurbach，1423—1461)及其学生瑞吉奥蒙塔奴斯(Regiomontanus，1436—1476)合著的《〈至大论〉概述》(*Epitome of the Almagest*)一书问世后，这种情况才有根本的改观。该书对《至大论》中的理论进行了相当清晰的描述、证明和解释，它的出版使托勒密数学天文学在欧洲获得了真正的新生。

随着人们对托勒密数学天文学了解的不断加深，有两个问题变得日益明显。

首先，14世纪以后，人们在实际天文计算中所依靠的主要是13世纪后期编纂成书的《阿方索天文表》(*Alfonso Tables*)。尽管这份天文表中有些内容是13世纪的观测结果，但仍有相当多的部分是从《托莱多天文表》(*Toledan Tables*)里继承下来的托勒密《天文表手册》(*Handy Tables*)中的数据。不仅内容陈旧，而且在实际天文计算中也存在相当大的误差。对此，瑞吉奥蒙塔奴斯等人已有所认识，并制订了一些天文改革计划。

其次，托勒密行星运动几何模型的某些方面明显违背了天体运动必须为匀速圆周运动这一至关重要的宇宙学原则。因为托勒密虽然一再申明，他的数学天文学理论主要是要向人们表明，天体那些表面上不规则的运动都可用规则的圆周运动来说明，但他的理论在许多方面实际违背了这一原则。尤其是他引入的所谓对点圆模型(图3—4)，其中本轮中心C既不是相对于对点圆中心O'，也不是相对于地球O，而是相对于对点E作匀角速运动。如果把它转化成物理模型(图3—6)，则意味着天球3上的各点要相对于一个非其中心轴的转动轴(通过E点的轴)作匀角速转动，这在物理上是无法实现的。

这一问题早在10—13世纪即已由阿拉伯天文学家发现，并提出了一些解决方案。例如，特路济(Al-Bitruji，约1100—1190)就曾试图完全放弃托勒密的数学天文学系统，而纯粹用同心球体系构思出一个物理上可行、实际计算中可用的模型，但结果并不成功。而图西(Nasir al-Din al-Tusi，1206—1274)及沙提尔(Qutb al-Din Al-Shirazi，1236—1311)等人则尝试着对托勒密的天体运动几何模型进行改



造，以多个本轮加均轮或者本轮加偏心圆取代对点圆，使之既不违背匀速圆周运动的原则，又能满足实际计算的需要。欧洲人在意识到这个问题之后，也沿大致相同的思路进行了尝试，有的人[如14世纪德国天文学家亨利(Henry of Langenstein)等]采纳了前一种做法，有的人则采取了与后者相同的措施。

二、哥白尼的宇宙学革命

哥白尼最初对托勒密理论感到不满意不是因为它在推算精度上的问题，而是因为它在某些方面明显违背了天体永远只能做圆周运动的宇宙学原则。在他看来，"在保持均匀运动的条件下解释星体的视运动"，这才是一条高于一切的宇宙学原则，而托勒密理论恰好违反了这一原则。因此，在哥白尼眼里，"这样的理论，既不够完善，也不完全合理"。于是他想到，"能不能找到这些圆的一种更好的组合，用它可以解释一切明显的不均匀性，并且如同完美运动原理所要求的，每个运动本身都是均匀的"。①

与此同时，哥白尼还把分析的目光投向了托勒密理论在宇宙学上的另一个重要方面，即地心地静观，尝试着以毕达哥拉斯学派所提倡的非地心说与地动理论为基础，建立起一套在计算上与托勒密理论具有同等效力，但在宇宙学上却更加合理的数学天文学体系。在这里，哥白尼体现了文艺复兴时期许多人文主义者的一个共同特点，即"根据自己拥护的古代权威来简单明了地解决问题"。②

所以，如果承认哥白尼的天文学工作的确构成了一次革命，那么，这次革命的发端点应该是在宇宙学方面。而且，就这次革命对近代天文学的影响而论，它也主要是一次宇宙学的革命。

哥白尼实施这场宇宙学革命的具体方法是，以"日心说"取代"地心说"，以"地动说"取代"地静说"。太阳的周年视运动被解释成地球绕日公转的表现，天体的周日运动则被描述为地球周日自转的结果。至于古人所说的恒星天球的岁差运动，则被归结为地球自转轴进动的结果。

按哥白尼的观点，其新学说之所以可信，原因主要有四：第一，在这一模型之中可以建立起一套严格遵从匀速圆周运动原则的天体运动模型；第二，在描述天体运动方面，这套新的运动模型完全可以达到托勒密模型同样的效果；第三，在这套模型中，可以把五星的第二种偏差运动全部归结为地球公转这一种运动，把宇宙这一巨大物体的周日运动归结为地球这一微小天体单一的自转运动，整个宇宙体显得

① 哥白尼：《天体运动假说的要释》，见宣焕灿：《天文学名著选译》，61页，北京，知识出版社，1989。

② Paul Oskar Kristeller著，孟庆时译：《意大利文艺复兴时期的八个哲学家》，29页，上海，上海译文出版社，1987。

更加简洁和合理；第四，在这个模型中，行星到宇宙中心的距离可以直接求出，而无须做托勒密那样的假说。而对亚里士多德和托勒密关于"地动说"的悖论，他则通过提出以下两条公设来加以回避：①日地距离与地球到恒星的距离相比可以忽略不计；②地球表面的所有物体与地球本身一起以同样的速度运动。

三、哥白尼的数学天文学改革

哥白尼最早于1514年之前在其《天体运动假说的要释》(*Commentariolus*，以下简称《要释》)中初步阐述了他基于"日心地动说"建立起来的数学天文学理论，但在这部著作里所做的只不过是把托勒密模型转译到日心地动体系之中，所有的模型参数都是从《阿方索天文表》等现有文献中换算过来的。很快，哥白尼便意识到，即便对于一个物理上可靠的模型，如果在数值计算方面没有精度可言，那也是毫无意义的。所以在1512年之后，他投入了系统的天文观测，目的在于为自己已建立的模型提供能反映当时天体运动实际情况的基本参数。在观测与推算过程中，他又对原有模型进行了一些调整。到1543年，全部工作最后完成，一套完整的、可用于实际天象计算的数学天文学理论终于出现在其《天体运行论》(*De Rvolutionibus Orbium Coelestium*)之中。

除了在基本宇宙模式上的改变外，哥白尼对托勒密数学天文学的改革主要体现在以下四个方面。

(1)描述了托勒密时代尚未发现的一些天体不均匀运动，包括地球轨道拱线方向的移动以及黄赤交角变化与分点进动的不均匀性。

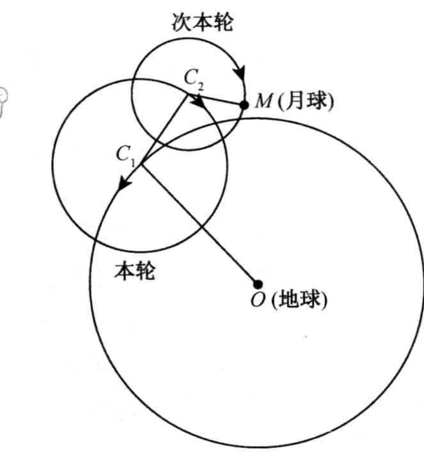


图3—7　哥白尼的月行模型



(2)鉴于托勒密月行模型(图3—3)中，从两弦到朔望，月地距离将出现一半以上的改变，与月球地平视差的实际改变明显不符，哥白尼把月行模型改造成为图3—7的形式，以次本轮代替了托勒密的小圆，从而克服了这一缺点。

(3)鉴于托勒密行星运动模型中的对点圆有违匀速圆周运动的原则，哥白尼先是在《要释》中采纳了如图3—8的双本轮模型，在《天体运行论》中则采用了如图3—9的本轮加偏心圆模型。

(4)对托勒密的内行星模型，哥白尼也将其换成了如图3—10的形式(以水星为例)。



由于哥白尼在数学天文学上过分强调天体运动必须为匀速圆周运动这一先念的教条，所以他的上述改革与其宇宙学革命相比意义就要小得多了。尤其是(3)、(4)两点，很难说有什么进步意义。因为托勒密对点圆模型是欧洲古代数学天文学中最接近椭圆轨道理论的学说，是古代天文学家的一项重要创举。(3)、(4)两点则从根本上取消了这一模型，结果实际上把原来比较简洁的行星运动理论搞得更加复杂了。

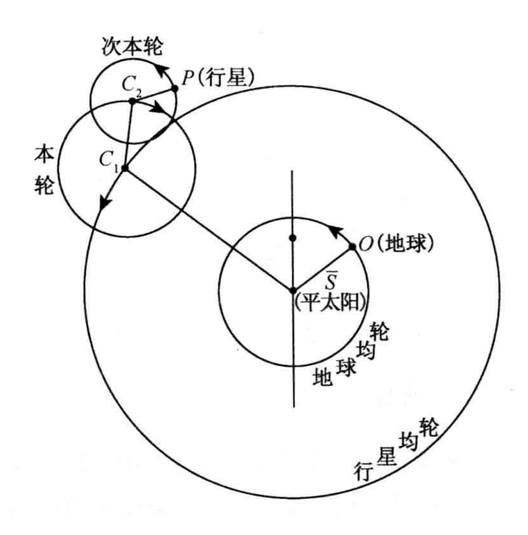


图 3—8 哥白尼外行星运动模型(a)

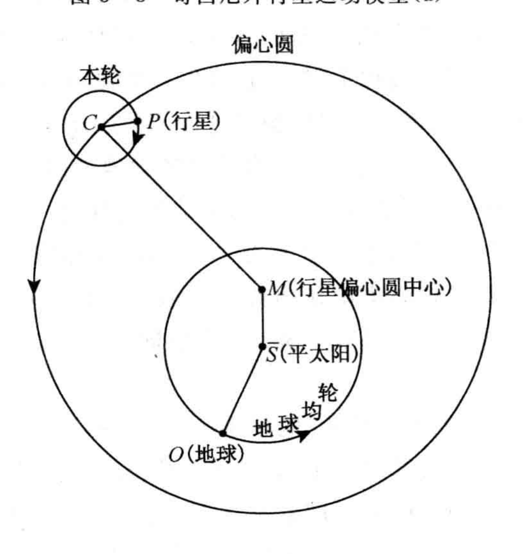


图 3—9 哥白尼外行星运动模型(b)



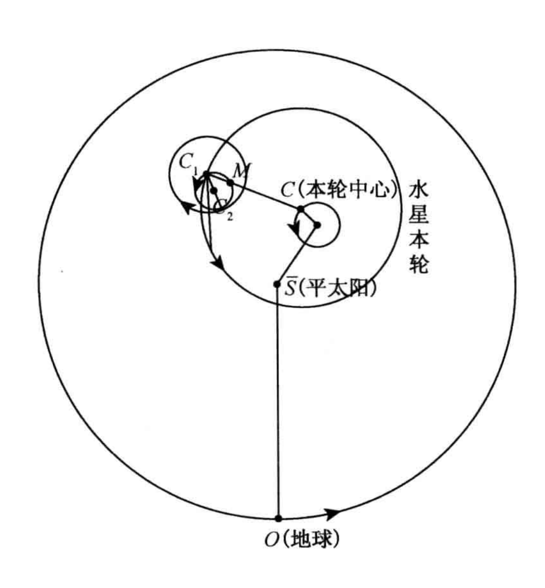


图 3—10　哥白尼水星运动模型

四、哥白尼学说的继承性

如上所述,哥白尼的天文学革命实际上只是一场宇宙学革命。在数学天文学方面,他的改革既不算十分成功,也没有动及托勒密理论的根基。他在这方面的一个基本信念是,相信托勒密理论在计算天体运动方面是精确和有效的。因此,他不仅在《天体运行论》内容安排上极力模仿《至大论》,而且,用开普勒的话来说,哥白尼在数学天文学理论的建立过程中"只是在(以"日心地动说")转述托勒密体系,而非转述自然"。尽管他为完善自己的模型而进行了长达几十年的观测,但这些观测一方面误差极大,另一方面,也仅仅只是为了更精确地确定已有模型的参数,而不是像开普勒那样,由新的观测资料来重新建立某种更加合乎实际天象的天体运行模型。即便是在把"日心说"用于数学天文学之中时,他也没有完全摆脱托勒密的影响,不是把真太阳,而是把平太阳作为行星轨道的公共中心,继续以平太阳作为轨道偏心率和拱线方向的测算基准。这是哥白尼数学天文学理论历史继承性的又一个突出表现。

在宇宙学方面,哥白尼虽然革了"地心地静说"的命,但并没有动及亚里士多德及托勒密宇宙学中的实体天球的概念,而是把它结合到了自己的新宇宙模型之中。宇宙被构想成一个以太阳为中心的同心球体系,实体天球继续被作为天体运动的物理机制。最为明显的例子是,他在《天体运动假说的要释·论太阳的视运动》中分析地轴运动的原因时,拒绝以类似于"带磁的铁条总是指着同一方向"的力学作用来解释,而是认为:"最好还是假定这一切都是借助于某一个球体才产生的。这



个球的运动引起两极的移动，而这个球无疑应当位于月亮下面。”他在《天体运行论》里所画的宇宙模型图（图 3—11）中的那些圆圈通常被人们想当然地理解成天



图 3－11　哥白尼构想的宇宙模型图

体运动的轨道，事实上全非如此。这些圆圈所表明的，只是围绕太阳的七个天层——从外到内依次是恒星天、土星天、木星天、火星天、地球天（月球天位于此天之内）、金星天和水星天，[①]这些天层大约也可用来“安装”他的那些天体运动几何模型，就像托勒密在《行星假说》里所做的那样。这表明，哥白尼学说在宇宙学方面也是具有很强的历史继承性的。

第三节　“二说”并驰，“五天”沸腾



哥白尼学说的出现打破了欧洲天文学界的平静，引起了天文学家们对宇宙模型问题的极大关注。一时间争论渐起，新说叠出，形成了“地心说”与“日心说”并立，托勒密（包括亚里士多德）、哥白尼、第谷、隆哥蒙塔奴斯（C. S. Longomontanus，1562—1547，丹麦天文学家）和开普勒五家宇宙模型相互竞争的局面。

一、“日心地动说”的早期传播

早在《天体运行论》公开发表之前，哥白尼的天文学理论即已通过他的《要释》及莱狄库斯（G. J. Rheticus，1514—1574）的《概论》（*First Narration*）在一定的范

---

① I. B. Cohen 著，杨爱华等译：《科学革命史》，106～110 页，北京，军事科学出版社，1992。

围内得到了流传。《天体运行论》出版后得到了更大范围的传播，以至在1566年再版。而到此时为止，《概论》一书则已出到第三版。1551年，莱因霍尔德(Reinhold)根据哥白尼数学天文学理论编定的《普鲁士天文表》(*Prussian Tables*)正式刊行，对哥白尼学说的传播起到了更大的推动作用。

然而，由于"日心地动说"既与人们的日常经验和《圣经》中的某些教条相违背，同时又无法令人信服地回答亚里士多德早已提出的那些诘难，所以，当时人们对哥白尼全部天文学理论的态度表现得颇为复杂。一方面大部分天文学家都承认，哥白尼的确建立了一套比托勒密理论更简洁、更有效甚至更准确的天文计算方法；另一方面，除极少数人之外，大多数天文学家都对"日心地动说"持一种怀疑或者犹豫不定的态度。他们或者像莱因霍尔德那样，仅把这一学说当做一种纯数学上的假说，而否定其真实性；或者像意大利天文学家皮科罗尼(A. Piccolomini)那样，认为天文学家只需考虑这一学说在天文计算上是否有效，而把其是否真实的问题交给物理学家去讨论。在诸如此类的思想支配下，虽然"日心地动说"尚未得到确证，但哥白尼的数学天文理论却通过《普鲁士天文表》在历书编纂者及数学天文学家中得到了较为广泛的采纳，并成为1582年教廷改历的主要依据。哥白尼本人也被作为"托勒密第二"、"天文学的复兴者"以及"最有才华的天文学家"等受到普遍的尊敬。即便是在第谷指出《普鲁士天文表》同样不够精确的事实之后，他的这种声誉也没有受到太大的损伤。

与这种情况形成鲜明对比的是，在1600年之前，"日心地动说"信从者却寥寥无几。可以指出姓名的只有荷兰地理学家伏里希克斯(Gemma Frisicus，1508—1555)、奥地利天文学家施莱肯布赫(E. O. Schreckenbuch，1511—1579)、英国天文学家迪(J. Dee)和笛格斯(Thomas Digges，1543—1595)、意大利物理学家本尼德第(G. B. Benedetti，1530—1590)和哲学家布鲁诺以及德国天文学家马斯特林(Micheal Maestlin，1550—1631)等。其中，笛格斯曾经认为1573年超新星在亮度上的变化反映了地球运动所造成的恒星视差，试图以此作为日心地动说的证据；马斯特林不仅把"日心地动说"传给了开普勒，而且还将它用到了彗星的研究上；而本尼德第和布鲁诺则把这一学说当成了对正统经院哲学家及神学家挑战的武器。

既然有人支持，有人反对，则争论在所难免。不过，在1615年教廷公开禁止哥白尼学说之前，人们完全是在一种自由的气氛中来讨论这个问题的。虽然这些讨论从一开始就涉及教义问题，但那些公然支持"日心地动说"的人几乎没有受到任何来自教会方面的压力。伏里希克斯在鼓励一位年轻天文学家发表其天文年历时

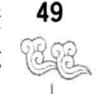


公开声称:"不要因为害怕被指责为日心地动说的信徒而犹豫不定。"[①]第谷在其《论天界新现象》(*De Mundi-Aetherei Recentibus Phaenomenis*)中评论马斯特林的彗星理论时也指出,对天文学家来说,采纳"日心地动说"是一种"在表达方式上的合法自由"。[②]

与天文学家及高层学术圈的情况相比,哥白尼学说在社会上的一般普及速度要慢得多。在《天体运行论》发表后的一个多世纪里,只有西班牙萨拉曼卡(Salammanca)大学于1561—1615年间曾把哥白尼天文学作为二年级学生的一门选修课,与欧几里德《几何原本》前六卷、托勒密天文学和沙可罗波斯卡(Sacrobosco,1190—1250)的《天球论》(*Sphere*)一起任学生自选一门。一般大学里通用的天文学讲义以及最常见的天文普及读物都是仿照沙可罗波斯卡的《天球论》编写的,这种著作以同心球体系为基础,而且仅仅论及球面天文学以及简单的日月运动理论,其中只有两三部对哥白尼日心地动体系有所简述,但作者在表示自己的意见时或是公然反对,或是模棱两可。

对大多数在大学里讲授天文学课程的教师们来说,即便是把哥白尼学说仅仅作为一种纯数学假说来处理,也要考虑到学生们的接受及理解能力。英国学者雷考德(R. Recorde)1556年在其《知识之塔》(*Castle of Knowledge*)里讨论"日心地动说"时就担心,年轻的学生们尚没有足够的能力对这样一种新学说作出自己的判断。另外,包括马斯特林、罗特曼等人在内的天文学家都认为,只有托勒密天文学或者"地心说"最适合作为青年学生在天文学上的入门课程。伽利略在自己成为"日心地动说"的信徒之后所编写的天文学讲义也都是以《天球论》为标准的。

至于那些在大学里讲授自然哲学的教授,哥白尼学说对他们授课内容的影响更加微乎其微。他们在宇宙学方面的主要依据仍旧是亚里士多德、托玛斯·阿奎那等古代权威。不仅对哥白尼的工作绝少参考,对当代其他天文学家的成果也不多问津。



普及著作的缺乏、大学天文教授的谨慎以及自然哲学家对"日心地动说"的普遍漠视当然是哥白尼学说广泛传播的一大障碍。不过,到16世纪的最后一二十年中,学术圈子里围绕"日心地动说"的争议本身也已对整个社会产生了不小的影响。"日心地动说"已经出现在一些诗人的篇章之中,许多人虽然不了解哥白尼学说的具体细节,但对"日心地动说"及与之有关的争议却是有所知晓的。

---

① L. Thorndike: *History of Magic and Experimental Science*, vol. 5, p. 13, Columbia University Press, 1934.

② K. P. Moesgaard: *Copernican Influence on Tycho Brahe*; J. Dobrzycki: *The Reception of Copernicn Theory*, p:42, D. Reindel Publishing Company, 1973.

二、第谷的日心一地心体系

正当绝大部分天文学家对《普鲁士天文表》的精度深信不疑的时候,第谷在汶岛(Hveen)的系统天文观测却向他们揭示了一个相反的事实:哥白尼与莱因霍尔德的观测数据是极为不可靠的。他们所用的仪器过于粗劣,而且在测量中几乎没有考虑大气折射等因素的影响。在他们观测地点阜劳恩堡(Frauenberg)地理纬度这一最为基本的数据上,他们的测量误差竟达2′45″之多。对恒星位置,他们也几乎没有做过自己的观测。《普鲁士天文表》虽然在总体精度上高于《阿方索天文表》,但与实际天象之间的差距也还十分可观。例如,在对1563年的一次土星、木星交会的计算中,前者误差虽达1月之久,但后者也差至1天。

基于这些发现,第谷认为,哥白尼并未真正完成人们想象中的天文学复兴,这一工作还有待于在更加系统、更加精确的天文观测的基础上重新进行。另外,哥白尼以严格的圆周运动取代托勒密的对点运动的做法虽然是完全正确、意义重大的,但他对"日心地动说"的坚持却犯了物理学上的错误——他"在数学天文学上虽然避开了斯库拉(Scylla)的暗礁,但在物理学上却在卡律布狄斯(Charybdis)的旋涡里翻了船"[①]。因为,他的"日心地动说"不仅违背了人们的日常经验,让沉重冰冷的地球处于运动之中,而且与《圣经》中的说法明显相违。更重要的是,支持这一学说的人始终无法令人信服地解决亚里士多德的两个悖论。例如,哥白尼为了解决"视差悖论"而假定日地距离与恒星的距离相比极小。但是,如果接受这一假定,就意味着承认恒星到土星之间存在一个十分巨大的间距。假定所需克服的恒星视差为1′,则土星到恒星的间距将会比其到太阳的距离大700倍,按此推算,则一颗视大小为1′的三等星的大小就相当于地球轨道的大小,这是有违常理的。因此,为了完成天文学的复兴,还必须建立一个在数学和物理两方面都能令人接受的天体运动模型。

1583年,第谷最终完成了其日心一地心体系的构思,并于1588年在其《论天界新现象》(*De mundi Aetherei Recentioribus Phaenomenis*)中首次公开发表。这部著作所讨论的主要是第谷对1577年彗星的研究结果,作为彗星理论的基础,他在书中也简要地提出了自己的新宇宙体系。在这一体系中,地球继续处于宇宙的中心,但五大行星的轨道却是以太阳为中心的。

在同一部著作中,他还对固体天球的存在提出了否认。按照他的观测,彗星主要是围绕太阳运动的。在运动过程中,它将不断地在各个行星天层之间上下穿行。

---

① 斯库拉和卡律布狄斯是希腊神话中的两位海神,惯于迷惑海上航行的水手,使之触礁或进人旋涡,以致船毁人亡。



如果真有固体天球的存在，则这种运动是根本无法进行的。基于这样的结论，他明确指出："与迄今为止大多数人的看法相反，天界并非由坚硬而不可穿透的球体所充满。可以证明，天界充满了一种最具有流动性且最简单的物质，它不会像以前所认为的那样形成任何的阻碍。行星在其中的运动是完全自由的，无需任何实体天球的操劳与带动。这种运动是由一条既定的神圣定律支配着的。"由于在第谷体系中五大行星的天层都将穿过太阳天层，因此，对实体天球的否认也是这一体系必不可少的一个前提。正是从这里开始，Orbs 这个以往仅指天球或天层的单词被赋予了"轨道"或"轨迹"(Orbit)的含义。①

第谷的这套宇宙体系既吸收了哥白尼体系的一些长处，同时也避开了"地动说"所面临的那些诘难，可以说是调和托勒密与哥白尼体系的最佳方案之一。然而，这套体系一经提出，第谷便感到了来自笛格斯、马斯特林等当代日心地动论者的压力，他们都是当时颇有声望的天文学家。除此之外，德国天文学家罗特曼(C. Rothmann，1599—1608)也站在"日心地动说"的立场上对他提出了挑战。他与第谷先是进行了长达三年的通信辩论，最后又在汶岛展开了为期数星期的直面论战。尽管辩论的结果罗特曼显得有点自觉理亏，甚至答应第谷永远不发表支持"日心地动说"的言论，但一开始，他的态度是"极其强硬的"。

面对来自日心地动论者的这种压力，第谷显然意识到，要想使自己的体系为众人所接受，首先还必须对"日心地动说"提出更加有力的反证。为此，他除了反复强调亚里士多德的两条悖论及《圣经》的权威外，还想从 1577 年彗星的观测中寻找论据。根据他的观测，这颗彗星的视运动似乎根本未受到地球周年运动的影响。由此他认为，任何关于日心地动的假说都是荒谬的。当然，他和同时代的其他许多天文学家一样没有注意到这样的事实，即这些观测仅仅只是在彗星短暂的可见期内获得的，因此，其可靠性大可怀疑。



为了真正实现天文学的复兴，第谷积累了大量精确的天文观测数据，但是还没有来得及完成以自己宇宙体系为基础的数学天文学理论的建立，便离开了人世。

三、隆哥蒙塔奴斯体系及其"平权说"

在开普勒正式进入第谷门下时，隆哥蒙塔奴斯追随第谷已有十余年，并把自己塑造成了一个专业的天文学家。尽管他最终没有得到第谷的全部观测资料，但却立志要在第谷体系的基础上来完成老师复兴天文学的遗愿，并与开普勒同时开始了自己的工作。1622 年，他出版了《丹麦天文学》(*Danica Astronomia*)一书，使这

---

① M. Boas: *The Scientific Renaissence*(1450—1630)，114 页，Harper & Row，1966.

一计划得以最后完成。该书在欧洲曾产生过较大影响，也是明末入华耶稣会士编纂《崇祯历书》的重要依据之一，是《崇祯历书》中第谷数学天文学理论的主要来源。

隆哥蒙塔奴斯对哥白尼日心地动体系的评价极高，尤其钦佩它的实用、简洁与和谐。在《丹麦天文学》中他指出："必须承认，在这个体系中，一切都是为解释天象而精巧地设计出来的，并且都用物理学上的论据进行了有力且有效的论证……它们是很难被推翻的。"但是，他同时又认为，"日心地动说"无法回答以下三个问题：首先，按《圣经》的说法，天地是最早被创造出来的，所以，二者应该分别占据宇宙的中心及边缘这两个极端的位置；其次，哥白尼用以克服"视差悖论"的假说使恒星的距离拉大到了一个极不合理的程度上；最后，恒星由于岁差而改变的只是其经度，而不是纬度，这是无法用地轴的进动来加以解释的。

由于这三个原因，他更愿意接受第谷的地心体系。不过，在地球是否存在自转的问题上，他却站到了哥白尼的立场上，认为这种运动真实可信。因为，通过假设这样一个相当缓慢的运动的存在，不仅可以省去众多天体的大量快速运动，而且还可以对时差的产生提出一种更合理的解释。所以，他在其《天文舞台进阶》(*Introduction to the Astronomical Theatre*)中公开指出："在坚持地球绕其中心自转这一点上，我们并不退缩。早在奥利冈(D. Origanus，1558—1628)在其历书中提出这一点之前很久，我们就曾在汶岛与第谷讨论过这种运动的必然性。"[①]这样，他虽然在数学天文学上严格地遵循着第谷指出的方向，在地动问题上却比第谷向前多迈出了一步。

在是否存在实体天球的问题上，隆哥蒙塔奴斯继承了第谷的观点，并同时把多世界说引入到他的第谷一哥白尼体系之中。在《丹麦天文学》等著作中，他反复指出："存在一种无所不在的透明介质，它散布于从地球到宇宙最边缘的广大空间。这种介质为许许多多的宇宙提供了场所，而在每一个宇宙中，每一个天体都可能像地球这样拥有自己的大气，每个天体都有自己的重力以把人们吸引在其上。每个天体都是按神圣的律法而运动的，无需物质天球和轴的帮助。"

尽管《丹麦天文学》中的数学天文学理论主要是按第谷的宇宙体系建立起来的，但隆哥蒙塔奴斯并不认为这是数学天文学家的唯一选择。他极力向读者表明，从数学上来讲，托勒密、哥白尼、第谷三种体系是相通的。为了证明此点，他依次将托勒密的本轮一对点轮模型、哥白尼的本轮一偏心圆模型转换成若干个小轮和一个均轮(都是正圆)组成的模型。然后指出，按这种转换结果，第谷模型的基本参数同样可以用到托勒密及哥白尼模型之中，产生同样的结果。三种模型之间的差别

---

① K. P. Moesgaard: *How Copernicanism Took Root in Denmark and Norway*; J. Dobrzycki: *The Reception of Copernican Heliocentric Theory*, D. Reindel Publishing Company, 1973.



仅仅在于对行星周天运动分量的处理上：托勒密把描述这一分量的圆周运动放在宇宙中心之外，哥白尼把它放在宇宙中心之上，第谷则认为，它是围绕宇宙中心运转的。只要基本参数同样精确，这种差别并不会使三种模型在计算精度上出现差距。所以，他最后指出：三种模型“在原则上完全是平权的”(have in principle equal right)，读者完全可以像他本人在书中所做的那样，根据自己的意愿作出选择。

不过，基于上述分析，隆哥蒙塔奴斯还产生了这样一种观念，即认为托勒密、哥白尼以及第谷三种体系已囊括了天体所有可能的排列及运动方式，不可能再有其他体系存在。他之所以坚决反对开普勒根据日心地动说所提出的椭圆运动定律，这恐怕也是原因之一。

四、开普勒的天体运动理论

早在图宾根(Tübingen)大学学习时期，开普勒已从马斯特林那里接受了“日心地动说”，并成为一个坚定的信徒。同时，他又是一个神秘主义者，相信在上帝所创造的这个宇宙中存在着一种和谐，这种和谐是通过数学关系表现出来的。不过，他并不接受亚里士多德、托勒密所描述的那种和谐，而认为这种和谐应在新的观测数据的基础上重新加以揭示。

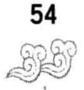
在他1596年的第一部天文学著作《宇宙的神秘》(*Mysterium Cosmographicum*)中，这种思想得到了很好的体现。该书是以“日心地动说”为基础写成的，主要想证明五种正多面体的外接与内切球面的半径之比恰好与太阳系六大行星到太阳平均距离之比相当。在开普勒眼里，这正是宇宙和谐性的具体表现。书中已经包含了开普勒对哥白尼天文学说的两大重要改进：首先，书中已打破了哥白尼体系中所残存的实体天球概念，而引入了第谷的天体轨道概念；其次，开普勒已经把真太阳作为太阳系天体轨道的共同中心，而不是像哥白尼那样把这个中心放在地球均轮的中心上。这是他在以后工作中把真太阳作为行星轨道运动基准点的先声。除此之外，书中已经讨论了行星公转周期与其轨道半径之间的比例关系以及行星运动的力学原因，提出了太阳对行星存在某种驱动力的思想。这两个问题实际上预示了开普勒今后工作的两个重要内容。



《宇宙的神秘》使第谷发现了开普勒在数学天文学方面的杰出才华，通过一番谈判，开普勒终于答应充当第谷的助手，而第谷则答应让他使用自己的观测资料。他给开普勒的第一个任务是建立火星运动理论，但要求他以第谷体系为基础。鉴于这一要求，开普勒一开始不得不同时沿着托勒密、哥白尼及第谷三个方向平行地开展工作。但第谷的突然去世使他很快在宇宙体系的选择上获得了充分的自由，彻底放弃了在地心说基础上的无用探讨。

在以“日心地动说”为基础建立自己的行星运动理论的过程中，开普勒与哥白尼之间表现出了几个明显的不同。首先，他不再满足于以本轮、小轮及偏心圆等图形的组合描述行星的运动，而力图勾画出它们真实的运动轨迹，也就是真正的行星运动轨道。其次，在开始工作之初，他并没有像哥白尼那样按某种预先提出的假定否认对点圆作为行星运动轨道的可能性，而认为，只有这种模型才能更好地反映行星在近日点速度变快、远日点速度变慢的事实。再次，对自己所选定的轨道模型，他总是依据第谷所留下的观测数据对之进行修订和取舍，而不是以模型来强迫实测数据就范。最后，对理论的精度提出了更高的要求，以至在计算误差已缩小到8′甚至2′时也不以此为满足。

这样，经过长达七八年的艰苦努力和反复尝试，开普勒终于完成了其前两条定律的发现，并在1609年出版的《以对火星运动的评论表达的新天文学或天体物理学》(*Astronomia Nova Physica Coelestis*, *Tradita Commentariis de Motibus Stellae Martis*，以下简称《新天文学》)中公布了这两项重要成果。在1618—1621年间陆续出版的《哥白尼天文学概述》(*Epitome Astronomiae Copernicanae*)中，他又把它们推广到其余行星以及月球和木星卫星上，发现了所谓的开普勒方程：$E=M-e\sin E$，为《鲁道夫天文表》(*Rudolphine Tables*)的编算作好了理论上的准备。而在1619年发表的《世界的和谐》(*Harmonices Mundi*)一书中，他又继续讨论了早在《宇宙的神秘》中已经开始考虑的行星公转周期与轨道半径之间的比例关系问题，提出了后人所称的开普勒第三定律：各个行星公转周期的平方与其到太阳平均距离的立方成正比。通过把这条定律同正多面体之间及音阶之间的比例关系进行比较，他认为，这条定律反映了存在于天体之间的宇宙和谐，故称之为“和谐定律”。



在结束了这些工作之后，开普勒于1627年完成了《鲁道夫天文表》的编算，实现了第谷生前给他提出的最后目标。该天文表在精度上是空前的，单就火星位置的计算而言，前人的误差一般在5°以上，该表却只有±10′。

开普勒工作的意义人们早已有了定论：他发现的三条行星运动定律为我们描述了一幅更接近真理的太阳系天体运动模型，为牛顿引力定律的提出奠定了天文学基础；他为同时代的天文学家提供了一份更加精确的天文表，使天文计算的水平大大提高。除此之外，还有一点应该加以强调，即他在建立三条定律的过程中还创造性地引入了力学分析。[①] 这些分析尽管十分原始，但却是通向牛顿天体力学理论的一个十分重要的环节。

---

① 见本章第五节。



第四节 望远镜给天文学带来了新动力

一、望远镜天文新发现

关于望远镜的发明者，目前说法不一。但有一点则是公认的，即第一个把它作为一种科学仪器用于天文观测，并做出重大发现的人是伽利略。他于1609年制造了一架荷兰式望远镜，并直接把它用于天体的观测。1610年，他发表了《星际使者》(*Siderus Nuntius*)一书，公布了自己借助于望远镜所取得的第一批重要成果，其中包括：

(1)月面并不是完全光滑、非常平坦、精确球形的，而是到处崎岖不平、坑坑洼洼的。从这些崎岖不平地区在太阳光中的投影变化来看，它们是高耸的山峰或深深的峡谷，就像地球表面的情况一样。而且，通过计算可以推知，这些山峰与深谷不论在量值还是在范围上都超出了地球上的情形。这与大多数哲学家关于天体完美的观点是完全相反的。

(2)恒星都是球状的，而且，其数目远远超过了肉眼所能见到的数量。昴星团及猎户座中的那些云状物实际上都是恒星的集合，银河也不过是大量无以胜数的恒星。

(3)木星两侧有四颗小星相伴，它们与木星分布在同一条与黄道大体平行的直线上，各自以恒定的速度绕木星运转，离木星越远的速度越慢。

基于对木星卫星的观测结果，伽利略在书中还为哥白尼日心地动说提出了公开的辩护："我们有了一个极好的论据去消除这样一些人的顾虑，他们可以容忍哥白尼体系中行星围绕太阳的运转，然而却对月亮围绕地球运转，而地球和月亮又同时围绕太阳在周期为一年的轨道上运转这一点感到非常困惑，以至于他们认为这种宇宙论必然是极度混乱的。现在我们不仅有一个行星(指木卫)绕另一个旋转，而它们两者又围绕太阳在很大的轨道上运行。"[①]



《星际使者》的出版在欧洲引起了极大的轰动，第1版在几天之内被一抢而空，新的订单从各国汹涌而来。许多人都对天界的这些新现象发生了浓厚的兴趣，望远镜的需求量一时大增。

继此书出版之后，伽利略很快又投入了对金星和太阳的观测之中，并发现：首先，像月球一样，金星也有位相变化；其次，太阳表面上存在许多黑子，它们以固定

---

① 宣焕灿：《天文学名著选译》，112页，北京，知识出版社，1989。

的周期在日面上自西向东运动;最后,土星由三个部分组成,附属的两个小部分与土星沿黄道排成一排,且与土星时即时离,呈现出一种奇怪的外观。

与伽利略同时发现太阳黑子的还有另外两位天文学家,一是法布里修(J. Fabricius),二是沙伊纳(C. Scheiner),然而,在黑子的解释上,这三个人却意见不一。伽利略和法布里修认为,黑子是太阳表面之上的物体,它们的运动说明了太阳存在自转。而沙伊纳则坚持,黑子是位于水星和太阳之间的小行星,黑子是它们凌日的结果。为此,伽利略同沙伊纳在通信中就此展开了论战。为了公开阐明自己的观点,1613 年伽利略把自己的几封信集中起来,以“关于太阳黑子的通信”为题加以出版。在其中的第一封信中,伽利略首次正式公开了自己对金星的观测结果,并更加明确地表明了自己对日心地动说的支持:“有了这些事实,我们对金星的轨道还有什么疑问呢?我们绝对有必要赞同哥白尼和毕达哥拉斯学派的理论,即金星和其他行星一样,围绕着太阳旋转。”在第三封信中,他还在公开土星观测结果的同时指出:土星的奇怪外观“也许能极好地与哥白尼体系相调和”。除此之外,他还不止一次地以黑子的存在及其变化的事实对天体完美无缺、天界无生无灭的观点提出了批判。[①]

二、对亚里士多德宇宙学的全面清算

在伽利略正式登上天文学舞台之前,亚里士多德宇宙学的各主要方面已受到越来越多的挑战。然而,这些挑战还是彼此孤立的,尚未结合成一股统一的力量,形成对亚里士多德宇宙学的全面攻击。那些提出挑战的人在对亚里士多德的一种观点提出否定的同时,往往又维护他在其他一些问题上的权威。就像哥白尼否定了“地心说”但却继续坚持“固体天球说”,第谷否定了“固体天球说”但却继续坚持“地心说”和天界永恒、天体与地上物体绝然不同等观点一样。这种情况表明,亚里士多德宇宙学在很大程度上仍然左右着绝大多数天文学家的头脑,使他们难以完全从其权威的阴影中跳跃出来。



早在 1610 年,伽利略就计划着写一部关于宇宙学的大书,以全面考察亚里士多德和哥白尼两种宇宙学,完成对亚里士多德宇宙学的全面清算,他对天界新现象的研究实际上就是在为这项工作进行准备。1616 年“日心说”遭到教廷公开禁止,他也被告知不得在公开场合讨论这一学说。但是,他并没有真正放弃对这部著作的构思。先后投入了对彗星、新星和磁学的研究,试图从中找出支持“日心地动说”的论据。同时为了解决“落体悖论”等问题,他又初步完成了对落体、抛体及单摆等

① G. Galilieo: *Letters on Sunspots*; S. Drake: *Discoveries of Galilleo*, New York, 1957.

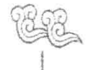


运动学问题的研究。最后，他终于将这些成果汇集起来，于1632年发表了《关于托勒密及哥白尼两大世界体系的对话》(*Dialogue Concerning the Two Chief Systems of the World, the Ptolemac and Copernicus*)。在这部著作中，伽利略站在哥白尼"日心地动说"的立场上，对亚里士多德宇宙学(尽管他在书名中只提到托勒密的名字)进行了较为全面的批判。虽然伽利略在引言中谨慎地声明，自己只是把哥白尼学说"作为一种纯数学假说来叙述"，书中所提出的一些新理论也主要"为的是要简化天文学，而不是由于自然界必然是如此"。但这明显不是他的心里话，因为在该书原稿的序页上的一段批语中，他明确地写道："我说，终于会有一天将在物理学上或在逻辑上证明地球是在运动而太阳则是不动的。"①

全书以对话形式写成，参与对话的有三个人，辛普利修、萨尔维阿蒂与沙格列陀，依次代表逍遥学派、哥白尼主义者和中间人。对话分四天进行，在第一天中萨氏主要对亚里士多德关于地球处于宇宙中心、天界比地界更高贵以及天体无生无灭、无轻无重、完美无缺的观点进行了批判，证明地球也是天体家族中的一员，与天体具有同样的性质和运动特征。为了完成对亚里士多德的批判，他首先对亚里士多德宇宙学赖以建立的物理学基础(包括亚里士多德对自然运动与非自然运动的划分及其对自然运动性质的规定，还有由此而推出的关于以太和四元素基本性质的规定)进行了否定，然后引用对太阳黑子、月面形状以及新星和彗星的研究成果对之进行了反证。

在第二天里，萨尔维阿蒂又进一步就地球是否存在自转的问题与辛普利修展开了辩论。针对亚里士多德所提出的"落体悖论"，他提出了惯性原理，在此基础上论证了哥白尼的观点，即假如地球存在自转，则其表面的所有物体(包括其附近的空气和云彩等)都将以同样的速度随之运动，因此，"落体悖论"本身并不成立。针对所谓"抛体悖论"，他也根据自己所发现的落体运动定律及抛体运动定律予以了反驳。最后，他提出了著名的相对性原理，指出，不能凭借地球表面上的任何现象来判定地球是运动的还是静止的。因此，亚里士多德及其追随者所提出的反地动说的种种物理论据都是无效的，地球是否运动的判据只有从外在天体的视运动中去寻找。事实证明，把巨大天球的周日视运动归诸于地球这样一个微小天体的周日自转更加合乎宇宙的简单和谐性原则以及常情常理。在这里，伽利略已经着手构建与"日心地动说"相对应的新运动学及动力学理论。因此，他借沙格列陀之口宣告："现在一门新科学却在关于两种世界体系的对话这个问题上建立起来了。"

第三天所讨论的重点是地球是否存在公转。萨氏首先证明，假定宇宙的确如



---

① 伽利略著，上海外国自然科学哲学著作编译组译：《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》，上海，上海人民出版社，1974。

亚里士多德所论，是一个有限的球形世界，而且果真存在一个单一的中心，那么这个中心也只能是太阳，而不是地球。因为这种体系不仅比托勒密体系更简单、更对称，而且能更加清晰地解释行星到地球距离的巨大改变及其视大小的实际变化，对他们顺逆留回等复杂现象的描述也更为简洁合理。然后，他进一步指出，长期的望远镜天文观测表明，太阳黑子的运行轨迹相对于黄道的夹角在不断变化，而且有时看上去是一条直线，有时则是一条向上或者向下弯曲的弧线。这种现象既可以用太阳的自转加上地球绕太阳的公转来解释，也可以用太阳自身的运动加以描述，但前者比后者在动力学上更加简洁明了，所以显得更加合理。

接下去，萨氏又重点对与地球公转有关的"视差悖论"进行了分析。指出，第谷在对这一悖论的分析中过高地估计了恒星的视大小，因为在消除了亮度对天体视大小的影响后，一等星的视大小只有 5″，而第谷却定之为 2′～3′。所以，他对哥白尼解决"视差悖论"方案的批判是站不住脚的。人们之所以一直没有发现恒星视差，主要是观测水平和方法所限。为此，萨氏仔细分析了恒星视差可能的变化规律，并提出了一些新的观测方案。最后为了回答辛普利修关于一个地球不可能同时参加多种运动的诘难，萨氏又引用了吉尔伯特(W. Gilbert，1540—1603)的磁学观点。指出，实验表明，磁体是完全可以同时参加多种运动的。既然地球是一个大磁体，所以完全可以同时参加多种运动。

在第四天，萨氏还提出了一种新观点，认为潮汐是地球自转与公转两种运动的合成结果，试图以此论证地球的确在不断运动。

在全部四天的讨论中，萨、沙二人不仅极力证明"日心地动说"比"地心地静说"更加合理，而且还不时地对辛普利修所代表的逍遥学派的愚蠢无知和顽固不化给予辛辣的讽刺，这就使整部著作充满了挑战性。

当然，书中对"日心地动说"所提出的种种论证还没有一项是判决性的——相对性原理对"地动说"与"地静说"同样不利；恒星视差虽然可能存在，但毕竟还未被发现；地动生潮理论与流行的月球起潮观相矛盾，其正确性也未得到证明，而且本质上是一种错误学说；金星位相的存在、行星的顺逆留回及其视大小和到地球距离变化等问题在第谷体系中同样可以得到满意的解释；太阳黑子的运动规律也未决定性地排除太阳绕地球"公转"的可能。但是，该书在解释和宣传"日心地动说"方面的确起到了重要作用。更主要的是，亚里士多德宇宙学以及人们据之以反驳"日心地动说"的种种观点在这里已经被批驳得体无完肤了。而对伽利略本人来说，该书如能达到这一目的，就算是很好地完成了自己的使命。因此，他在第三天借沙格列陀之口指出："由于哥白尼的论证很深奥，人们即使不能被这些论证说服，只要能够做到使他们看出那些反对理由的苍白无力也是好的。因为要能认识到这一点，



他们就得对自己目前斥为错误的学说在进行判断和驳斥时有所节制才行。"

三、天文观测水平的迅速提高

天文望远镜的发明不仅对16—17世纪天文学革命在理论和观念的变革方面起到了推波助澜的作用,而且还直接导致了天文观测技术的一场深刻革命。

第谷是古典观测技术的最后一个杰出代表,他所使用的仪器类型并没有超出托勒密和阿拉伯天文学家所用仪器的范围,但却引入了几项重要改进:其一,他把传统的黄道式仪器改成了赤道式仪器,在观测中以赤道坐标为主;其二,他减少了古典浑仪上各种环圈的数目,提高了仪器的对称性;其三,采用了多仪、多人及多种坐标互参的观测方法,大大减少了观测中的系统误差和偶然误差;其四,在仪器的刻度上曾引入过一种原始的游标尺,并发明了横断点分度法,使仪器的读数可精确到1′的量级;其五,比较系统地考虑了大气折射对天体视位置的影响,编制了最早的大气折射经验数据表。由于这几项改进的引入,第谷把古典仪器的观测精度提高到了一个前所未有的高度。例如,他对标准星位置的观测误差仅为25″左右。

在17世纪的前半期,第谷的观测精度一直无人可及。然而,望远镜的出现却为即将到来的突破埋下了伏笔。自伽利略开始,它首先在天体定性观测方面显示出了巨大的能力。尽管一开始有人对通过望远镜所得到的那些新发现抱怀疑态度,但大部分天文学家还是承认其可靠性。许多人开始投入望远镜天文观测工作,在不到一个世纪的时间里取得了一系列重要成果。除了前面已经介绍过的那些新发现外,最引人注目的成果还有:1637年伽利略对月球天平动的发现,海维留斯(J. Hevelius,1611—1687,德国天文学家)等人的月面图测绘工作,惠更斯(C. Huygens,1629—1695,荷兰天文学家)1655—1659年对土星环的发现,以及卡西尼(G. D. Cassini,1625—1712,意大利裔天文学家,巴黎天文台首任台长)1664—1668年间对木星表面条纹及土星光环暗缝的发现、对火星自转周期的测定和对木卫历表的编算。



与此同时,望远镜本身也得到了许多改进。为了使在对太阳的观测中不致伤害眼睛,伽利略(Galileo,1564—1642)和沙伊纳几乎同时发明了望远镜投影观测法,即通过一架荷兰式望远镜把太阳投影到一个白纸屏上进行观测。这种装置后来被耶稣会教士引入中国,在日食观测中得到了广泛的应用。

16世纪50年代以后,望远镜色差问题越来越引起天文学家的重视。结果出现了两种解决方案:第一种是尽量减小物镜的曲率,第二种是研制反射式望远镜。前一种方案的实施导致了长焦望远镜的出现,海维留斯(Hevelius,1611—1687)于1673年所制的一架长焦镜即为此中之尤,其镜筒竟长至45m。此外,卡西尼(Gio-

vanni Domenico Cassini，1625—1712）和惠更斯（Christiach Huyg（h）ens，1629—1695）也设计和制造过同类仪器。到1668年，第一架反射式望远镜也由牛顿研制成功。

早在1611年，开普勒即在其《屈光学》一书中提出了以凹透镜为目镜的望远镜的设计方案。不久，沙伊纳即把这一方案付诸实施。这种望远镜不仅在视场上得到扩大，而且还为测微计的出现提供了基础。

第一架测微计是法国天文学家盖斯科因（W. Gascoigne，1612—1644）发明的，但影响不大。1666年，另两位法国天文学家奥祖（A. Auzeut，1622—1682）、皮卡尔（J. Picard，1620—1682）也各自独立地发明了这种仪器，并很快使之流行起来，同时渐臻完善。借助于这种仪器，人们可以在望远镜视场里直接对小于人眼分辨率的微小角度进行测量，并可使读数精确到秒的量级。与此同时，经过惠更斯等人改进的新型时钟也得到了广泛的应用。在这两种仪器的基础上，丹麦天文学家勒麦（O. Römer，1644—1710）发明了子午仪及子午观测方法，成为近代子午观测的先驱。

第谷之后，古典天文仪器本身也经历了两大变化。首先，1631年前后，游标尺得到了广泛使用。其次，1663年，皮卡尔首次用开普勒式望远镜代替了古典仪器上的窥衡式照准仪，通过安装在物镜焦平面上的十字叉丝来瞄准测量目标，使被测角度得到放大。这两种装置的引进，使古典仪器的观测精度大幅度提高。

在仪器水平不断提高的同时，天文学家们还对大气折射等影响观测精度的重要因素进行了认真研究。1656年前后，卡西尼开始把斯涅尔定律（Snell's Law）用于大气折射的计算，从而为天文观测提供了更加可靠的折射修正方法，为观测精度的进一步提高创造了条件。

随着观测技术的突飞猛进，天文学家们还试图对“日心地动说”的判决性天象——恒星视差进行探查，结果导致了一系列重大发现。从17世纪70年代开始，包括皮卡尔、弗拉姆斯蒂德（J. Flamsteed，1646—1719，英国天文学家，格林尼治天文台首任台长）等在内的许多天文学家相继发现，恒星位置存在着可以察觉的明显变动，“恒星不恒”的事实变得越来越引人注目了。到1717年，哈雷（E. Halley，1656—1743）首先发现了恒星自行，而布拉德雷（J. Bradley，1693—1762）则在1728和1748两年先后公布了他对恒星光行差和地轴章动的发现。其中，光行差在证明“日心地动说”上与恒星视差具有同等功效，而后者直到1838年才由贝塞尔（F. W. Bexsel，1784—1846）首次观测到。

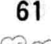


第五节　近代天文学体系的初步形成

一、开普勒学说的传播

开普勒椭圆轨道理论不仅对"地心说"提出了挑战，而且还打破了自哥白尼以来大部分欧洲天文学家的一个共同信念，即天体视运动是一系列匀速圆周运动的合成结果。因此，他的行星运动定律比"日心地动说"本身又多了一条招致反对的理由。最早的两位反对者是曾与开普勒同时服务于第谷手下的隆哥蒙塔奴斯及法布利修斯(D. Fabricius)，后者还是开普勒的好友。法布利修斯在1607年就在给开普勒的信中强调，天体匀速圆周运动的观念不可丢弃，并建议开普勒用一小圆与一大圆的组合来取代椭圆轨道理论。有趣的是，他对开普勒的"日心地动说"立场从未提出过如此强烈的异议。

由于同样原因，许多支持"日心地动说"的人对椭圆轨道理论同样充满了疑虑。伽利略始终没有使用过这一理论，而更多地强调了匀速圆周运动的重要性。波利奥(I. Boulliau，1605—1649，英国天文学家)一开始也只接受哥白尼体系，而反对开普勒学说。他坚持认为，只有在证明椭圆轨道能用哥白尼或第谷式的本轮运动加以描述之后，他才肯对之加以接受。比利时天文学家兰斯伯格(P. van Lansberge，1561—1632)也是一个坚定的日心地动论者，但同时也是开普勒的批判者。他的《永恒天体运动表》(*Tablae Motvwn Coelestium Perpetuae*)是17世纪上半叶少有的以日心地动体系为基础的天文表，但采纳的却是哥白尼的本轮模型。这份天文表与隆哥蒙塔奴斯的《丹麦天文学》一度是《鲁道夫天文表》的主要竞争对手，直到18世纪60年代仍然十分流行。



开普勒在1629年曾根据《鲁道夫天文表》预报过1631年将发生的一次水星凌日，并建议天文学家注意对这一天象进行观测，用以改进内行星的有关参数。根据这一建议，法国天文学家伽桑狄(P. Gassendi，1592—1655)届期前往南美对这次水星凌日进行了观测，并于1632年公布了观测结果。他的记录表明，在对这次天象的预报中，开普勒理论的误差仅为14′24″，而基于托勒密、哥白尼和隆哥蒙塔奴斯理论的预报误差均在4°以上，《兰斯伯格天文表》的预报也有1°8′的偏差。从此，《鲁道夫天文表》的准确性成为引人注目的事实，椭圆轨道理论也随之受到人们的重视，赢得了越来越多的支持者。为数众多的天文学家投入了对开普勒行星理论的研究，对开普勒的计算方法以及《鲁道夫天文表》中的基本参数进行了一系列改进。到17世纪70年代巴黎天文台和伦敦格林尼治天文台成立之时，两台的天文

学家们大都把椭圆轨道理论作为自己工作的出发点，只有巴黎天文台的希莱(P. de La Hire，1640—1718)拒绝在数学天文学中使用任何关于天体运动轨道的几何假说。

在伽桑狄验证了《鲁道夫天文表》的精度之后，一些反对“日心地动说”的天文学家也不得不把这一天文表作为自己工作的基础。法国天文学家杜莱(N. Durret)及摩林(J. B. Morin，1583—1656)都是坚定的地心论者，但他们分别于 1639 年及 1650 年编成了以《鲁道夫天文表》为蓝本的天文表。17 世纪 60 年代以后，曾在《新至大论》(*Almagestum Novum*)中反对过椭圆轨道理论的里奇奥利(G. Riccioli，1598—1671)也采纳了波利奥基于这种理论所编的天文表。①他们的工作为在地心体系中采纳开普勒理论提供了先例，到 18 世纪 30 年代，为清朝廷服务的戴进贤在《历象考成后编》中就采取了类似的手法。

在椭圆轨道理论日益普及并成为新天文学标志的同时，开普勒第二定律却很少为天文学家们直接使用，相反，他们在大多数情况下宁愿提出一些近似计算公式来取代它，以方便自己的计算。

与此同时，开普勒第三定律的使用也不十分广泛，原因主要有二：首先，开普勒本人在《鲁道夫天文表》中并未使用这条定律；其次，当时天文学家对[①]开晋勒所追求的宇宙和谐反应冷淡，因而影响到对这条“和谐定律”的重视。英国天文学家赫罗克斯(J. Horrocks，1618—1641)是第一个注意到这条定律重要性的人，但他的著作直到 1662 年才公开出版。在此前后，只有英国另一位天文学家斯特里特(T. Streete，1622—1689)在其《伽洛林天文学》(*Astronomia Carolina*)中把它用到了行星平均距离的计算上。最后，这条定律是随着万有引力定律在天文计算中的普遍使用而得到广泛采纳的。

二、天体运动力学机制的探寻

从亚里士多德到哥白尼，天体的运动原因都被归因于实体天球的带动，而天球运动的原因则或被归之于一个外在推动者的推动，或被归之于天球本身的自然本性。从第谷等人开始，实体天球概念逐渐从天文学中消失，从而很自然地导致了这样的疑问：维持天体运动的力学原因究竟为何？德国天文学家罗特曼在反对第谷体系时就已注意到这个问题，指出：在第谷体系中，既然太阳与行星之间没有任何相互联系的物质媒介，则很难想象太阳能有能力带动如此众多的行星随之运动，除非太阳的轨道“远远比铜坚硬”。因此，对反对固体天球存在的人来说，一个迫在眉

---

① C. Wilson：*Predictive Astronomy in the Century After Kepler*；Taton and Wilson：*Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics*，Prat A，Tycho Brahe to Newton，p：165.



睫的问题就是要为天体运动提供一种新的力学解释。

针对罗特曼的疑问，第谷首先提出了一种解决方案，指出：如果连磁石这样无生命的地上物体都能凭借某种中间介质在没有外来推动的情况下相互吸引，为什么同样的事情不能在被柏拉图主义者及其他更加睿智的哲学家认为有灵魂的天体之间发生呢？为此，他进一步设想，在月球与宗动天之间充溢着一种可以传递天体引力的介质。这种介质简单而均匀，可以允许天体在其中自由运动。①

上述观点的提出使第谷成为近代天体磁力说的最早倡导者之一。不久（1600年），吉尔伯特即在《论磁》（*De Magnete*）一书中以自己对磁石及地磁的研究为基础，更为明确地提出了磁力是维持天体运动根本原因的观点。他不仅认为地球是一个大磁体，在磁力作用下不断自转，而且还把这种"磁力说"加以推广，用以解释宇宙的秩序。他把天体全部想象成所谓的"有灵体"（animate body），可以通过磁力的相互激发而产生一种和谐以及相互有利的秩序。在所有这些"有灵"天体中，太阳的磁力起着主导作用，但其他行星和地球也各有贡献。恒星远处在太阳磁力影响之外，因此是不动的。当然，恒星也有可能是一个个的磁力系统，具有各自内部的运动。在《论世界》（*De Mundo*）一书中，他又对这种"磁力宇宙论"进行了发展，并用以解释月球运动的推动力。

吉尔伯特《论磁》中的宇宙学观点在欧洲得到了十分广泛的流传，甚至成为一些科幻小说的写作素材，产生了很大的影响。开普勒就是这种"磁力说"的信徒之一。他认为，天文学家的任务不仅在于揭示天体运动的数学规律，而且要把这些规律建立在力学分析的基础之上。因此，在《新天文学》及《哥白尼天文学概论》两部著作中，他借用吉尔伯特磁力理论建立了一套特殊的天体力学理论，并把这视为自己的一大贡献，以至把《新天文学》称做"天体物理"或"物理宇宙学"，试图以此取代亚里士多德宇宙学。这套"天体物理学"在《新天文学》中已初步成型，在《哥白尼天文学概论》中则得到了更加系统的总结。

开普勒认为，包括地球在内的所有天体都是球形磁体，而行星则是在太阳作用力的操纵下运动的。太阳对行星的操纵主要有二：一是推动行星绕太阳作匀速圆周运动的拟磁力（quasi-magnetic force）；二是使行星到太阳的距离产生远近变化的磁力。椭圆轨道运动正是这两种力共同作用的结果。前一种力之所以是必需的，是因为行星都具有一种趋向和保持静止的"惰性"，必须有一个外力来维持其运动。这个力从太阳中发出，仅沿黄道面向外均匀传播，并随着太阳自转（开普勒在伽利略等人之前已经推论出太阳及行星自转的存在）而形成一股自西向东的涡旋。

① Kristian P. Moesgaard: *Copernican In fluence on Tycho Brahe*; Jerzy Dorzycki: *The Reception of Copernican Heliocentric Tbevry*, p:50, D. Reindel Publishing Company, 1973.

在与太阳同心的任一圆周上，这个力的总通量是保持不变的。所以，每一个行星所受该力的大小取决于两个条件：一是该行星直径的大小，直径越大者受力越大；二是该行星到太阳的距离，受力的大小与该距离成反比。行星绕太阳公转的速度不仅取决于其所受拟磁力的大小，而且还取决于其"惰性"(由天体所含物质多少决定)的大小。在这种作用下，行星运动符合等面积定律及"和谐定律"。

对于第二种力的作用机制，开普勒的解释是：太阳是一个单磁体，或者是一个一极在球心，一极在表面的磁体。而每个作为磁体的行星像地球上的磁铁一样，在宇宙间有着固定的磁极指向。因此，当行星绕太阳公转时，其朝向太阳的磁极却在不断改变，造成了其在某一阶段与太阳相吸、另一阶段与太阳相斥的结果，且吸、斥二力大小的增减以及相互之间的过渡是连续进行的。

毋庸置疑，开普勒的这套"天体物理学"不如其行星运动三定律成功。例如，他虽然认识到重力是同类物体之间的一种相互吸引力，但并没有把它与太阳对行星的引力统一起来，更没有把引力作为行星运动的唯一物理原因提出。而且，在他的天体物理中，仍有有灵论的残余：在解释太阳与行星何以会自转时，他认为，这是这些天体灵魂的作用结果。然而，由于开普勒是近代天文学史上第一位不满足于单纯以某种几何运动模型去"拯救天象"，而开始把注意力指向天体运动力学机制的探讨，试图把天体运动的数学定律建立在严格力学定律基础之上的天文学家，所以，他的这些努力意义是十分重大的。更重要的是，他的这些工作进一步唤起了人们对天体力学问题的研究兴趣，使一些天文学家也投入了同一问题的探讨，为牛顿万有引力定律的发现铺平了道路。

开普勒之后，在天体力学机制的探讨上产生过较大影响的有波利奥、赫罗克斯及波雷利(G. A. Borelli，意大利天文学家)等人。其中，赫罗克斯和波雷利都接受了开普勒的拟磁力假定，但却一致反对其对行星距离变化的力学机制的解释，认为太阳对行星只存在引力，不存在斥力。赫罗克斯设想，在太阳引力的作用下，行星将像单摆一样以太阳为中心作往复振动；而在拟磁力的推动下，它又不得不作圆周运动，两种运动倾向的合成结果就是椭圆轨道运动。波雷利则认为，在中心天体引力的作用下，行星将产生一种向心运动的趋势。然而，中心天体所产生的拟磁力却使它们在圆周运动的过程中产生一种离心趋势，这两种趋势相互平衡便使得行星沿椭圆轨道运动。

赫罗克斯把行星运动与单摆运动联系起来，并曾用一个圆锥摆来模拟行星椭圆轨道运动的产生机理，这预示着他对天体力学与地上力学之间内在联系的认识。在这一点上，波雷利旗帜更加鲜明。他不仅明确地把太阳对行星的吸引力看成与重力相同的力，而且公开指出，支配天体运动的力学原理与支配一般机械运动的力



学原理是完全相同的。他的这些思想连同他的天体力学一起对虎克及牛顿二人产生了十分重要的影响。[①]

波利奥虽然是开普勒天体力学的反对者，但在反对过程中却提出了一种非常重要的观点，即认为，太阳对行星的作用力如果真的存在，也不应该仅沿黄道面传播，而应该像光线那样沿所有方向向外均匀传播。所以，引力大小的变化应该像光照度那样，随距离的平方反比而变化。这种观点对牛顿引力平方反比关系的发现产生了重要影响，因为牛顿在《自然哲学的数学原理》中曾提到过它。[②]

在"天体磁力说"发展的同时，笛卡儿（R. Descart，1590—1650）提出的"以太涡旋说"得到了更为广泛的流行，以至在17世纪六七十年代几乎完全取代了开普勒的天体物理学说。这种"以太涡旋说"认为，各个中心天体都位于一些大小不同的以太涡旋的中心，而这些以太涡旋自宇宙生成之初即处于永恒的运动之中。处于其中且附属于中心天体的较小天体将在其推动下作圆周运动，圆周运动产生的离心力则由以太对天体的压力来加以平衡。

三、万有引力定律的发现与近代天体力学的建立

在天文学家们致力于天体运动力学机制的探讨，并逐步建立起天上力学与地上力学相统一的观念的同时，物理学家们在地上力学的研究上也取得了重要进步——伽利略揭示了在恒定力作用下物体的运动学规律，笛卡儿提出了正确的惯性定律，并通过碰撞的研究发现了运动量守恒以及运动量改变与作用力改变之间的相互关系。如何利用这些力学知识来解决天上的力学问题就此成为牛顿这一辈物理及天文学家所关注的焦点之一。他们接受了波雷利或者笛卡儿的观点，即认为天体是在离心力与引力或以太压力相平衡的情况下维持其轨道运动的。接下去所要考虑的问题自然是：天体在轨道运动过程中所产生的离心力究竟有多大，或者，究竟受何种规律支配。

早在1664年前后，牛顿便开始了对这一问题的思考。他首先接受了笛卡儿的"以太涡旋假说"，并把伽利略、笛卡儿等人的成果应用到圆周运动的分析之中，在惠更斯于1673年发表其离心力公式之前从理论上推出了离心力与圆周半径成正比、与物体运动周期成反比的离心力定律，并结合开普勒第三定律求出了当行星沿圆形轨道运动时的离心力大小，发现它与轨道半径的平方成反比。约十余年后，他又进一步证明，当行星沿椭圆轨道运动时，其离心力仍然符合上述平方反比定律。在此期间他也放弃了早期所信奉的"以太涡旋说"，并发现，所谓离心力其实是向心

① A. Koyre: *The Astronomical Revolution* p. 467, Methuen, 1980.

② C. B. Boyer, Boulliau: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 1, p: 349, Scribners, 1970.

力。在行星运动过程中，提供这种向心力的正是天体间的相互引力，这种引力和地球对物体的吸引力完全相同。这样他终于完成了万有引力定律的发现，并在1687年首版的《自然哲学的数学原理》中给出了其精确的表达式。而且证明，太阳系中的各个天体是按哥白尼体系的次序排列，并近似地按开普勒行星运动定律运动的，其轨道大小与形状取决于它们相互间的万有引力。

在同一著作中，牛顿还首次将万有引力定律用到了一些具体问题的讨论上，从而证明：①木星对开普勒第三定律的明显偏离是引力摄动的结果；②地球与行星都是两极扁平的旋转椭球体；③地轴进动是地球形状与月球引力摄动的结果；④起潮力来自地球与月球对海水引力的综合作用；⑤彗星运动也符合万有引力定律。除此之外，牛顿还第一次以引力定律处理了日—地—月三体系统，十分详细地讨论了月球在引力摄动下所产生的各种不均匀运动，试图为编制更精确的月行表提供基础。

上述这些成果的取得初步展示了万有引力定律的威力，使之在英国天文学家中赢得了较为广泛的支持。然而，由于牛顿同莱布尼兹(Gottfried wilhelon Leibniz，1640—1716)在微积分上的优先权之争以及笛卡儿"以太涡旋假说"在欧洲大陆的盛行，这一定律在欧洲天文学家中的广泛接受却滞后了近半个世纪，巴黎天文台的头两任台长(即 G. D. Cassini 和 J. Cassini)就是其最强烈的反对者。在这段时间里，只有一些英国天文学家在把引力定律引入天文计算方面进行过一些不算十分成功的尝试：哈雷和弗拉姆斯蒂德(J. Flamsteed)强调它在求中心差时的近似计算功能；哈雷和赖特(R. Wright)等人在18世纪三四十年代在牛顿月球摄动理论的基础上编制过月行表，但其精度都不及不用这一理论的同类天文表。除此之外，哈雷在1705年出版的《彗星天文学》(*Astronomiae Cometicae Synoposis*)一书中对哈雷彗星的回归作出了预报，但预报结果直到1758年才得到证实。

到18世纪30年代之后，由于法国启蒙主义者的首先介绍，牛顿学说很快在欧洲大陆上流传开来。不久，欧勒(L. Euler，1707—1783)和拉格朗日(J. L. Lagrange，1736—1813)等人即开始以微积分为数学工具创立分析力学体系，并把这种力学方法应用于天体运动的分析和计算上。1744年，欧勒出版了其《行星和彗星运动理论》一书，该书被誉为经典天体力学的第一部著作。两年后，他又编制了第一份以万有引力定律为基础的太阳运动表，并在1753年建立了第一个较为完整的月球运动理论。经过他以及拉格朗日等人的辛勤工作，经典天体力学得到了迅速发展。最后，法国天文学家拉普拉斯(P. Laplace，1749—1827)于1799—1825年之间发表了其巨著《天体力学》(*Trait de Mécanique Céleste*)，全面而系统地探讨了天体力学的各种有关问题，提出了这一学科的一般理论和方法，从而宣告了经典天



体力学体系的基本形成。到19世纪40年代，由于谷神星及海王星的发现，经典天体力学的正确性终于得到了有力的证实。

第六节　天文学革命所导致的宗教纷争

在中世纪的欧洲，天文学主要从两方面受到人们的重视：首先，它能满足人们在历法计算以及编算各种天文年历（包括有星占内容的年历）方面的需要；其次，它又被作为帮助人们形成宗教世界观的重要手段。因为《圣经》中说“群天赞美着上帝的光荣”，所以有关天体大小及其空间排列与运动的知识就被作为上帝至尊、至能、至善的证明。这两方面的功能正好由数学天文学及宇宙学分别承担，因此宇宙学上的讨论便同宗教神学关系密切了。尤其是自托玛斯·阿奎那之后，亚里士多德宇宙学已成为神学宇宙论的一部分（见本章第二节）。然而，作为天文学革命标志的“日心地动说”的提出则意味着要把这套神学宇宙论完全颠倒过来。更重要的是，《圣经》的许多章节都明确指出，地球是静止不动的。因此，承认“日心地动说”的同时也意味着对《圣经》权威的否定。所以，“日心地动说”的流传和发展势必要引起一场科学与宗教的对立和冲突。这场对立和冲突恰恰又以宗教改革为背景，结果便步步升级，以至达到短兵相接的局面。

最早注意到“日心地动说”对宗教的潜在威胁的是马丁·路德（Martin Luther，1483—1546），早在1539年前后他已通过《要释》及《概论》了解到这一学说的内容。在一篇《谈话》（*Table Talks*）中，他对“那位想要证明在空中运动的不是日月与天层，而是地球的新天文学家”给予了痛斥，指出：“这蠢才将要把整个天文学完全颠倒。然而，《圣经》告诉我们，耶和华命令其静止不动的不是太阳，而是地球。”①



对这样的评论，哥白尼无疑有所耳闻，这使他更加清楚地意识到“日心地动说”将会招致的宗教的反对。所以，在将《天体运行论》题词献给教皇保罗三世时，他对“那些对数学一无所知但却假装精于此道的空谈家为自己的目的而曲解《圣经》的某些章节，假借这样的权威来对我的学说加以攻击和非难”表示了担心。为此，他强调“数学是由数学家来写，也是为数学家而写的”，试图以此回避来自宗教方面的指责。另外，代他出版此书的路德派牧师奥西安德（A. Osiander）神甫也在该书的引言中谨慎地声明，此书是一种纯粹的数学假说。

不管怎样，哥白尼的题词与奥西安德的声明的确十分奏效。《天体运行论》不仅顺利得到了出版，而且其中的“日心地动说”也一直被罗马教廷视为一种无害的

① M. Boas: *The Scientific Renaissence*(1450—1630), p:26, Harper & Row, 1966.

数学假说而听其自由传播。而在新教方面，尽管路德的学生梅朗赫顿(Melanchthon)在1593年出版的《物理学原本》(*Element of Physics*)中对"日心地动说"提出了宗教批判，尽管开尔文(J. Calvin)也曾根据《圣经》里的字句断定地球是不动的，并质问："有谁胆敢将哥白尼的权威高架在圣灵的威信之上?"[①]但是，也未对"日心地动说"提出任何官方禁令。

在这种背景下，反对"日心地动说"的人虽然几乎一无例外地要援引《圣经》的权威，但在1616年罗马教廷对该学说予以公开禁止之前，不论在新教还是在旧教国家里，人们完全可以在一种自由的空气中来讨论"日心地动说"及其相关的问题。尽管布鲁诺在1600年被教廷处以火刑，但其主要罪名不是来自他对"日心地动说"的信奉，而是来自其宗教上的异端观点以及在自然哲学方面对伊壁鸠鲁(Epicurean)哲学和赫尔墨斯(Hermers)神秘主义的信奉。[②]

1516年以前欧洲在讨论"日心地动说"方面的自由程度可以在西班牙找到最好的说明。这里是天主教会反对宗教改革和其他异端思想的一个重要堡垒，思想控制极其严酷。早在1502年，国王就颁布了"不许印刷、出售未经审查的图书"的禁令，1558年又进一步规定对违令者处以死刑并籍没家产。次年，连国民到国外学校和学术机构学习或工作的行动也被严令禁止。然而，正是在这样一个国度里，"日心地动说"却得到了比较广泛的宣传和赞扬。在《天体运行论》出版后不到几天，一位名叫库尔兹(S. Kurz)的学者就给国王查尔斯一世(Charles Ⅰ)寄去了一本，并在附信中对"日心地动说"大加赞誉，说它"受到了许多数学家的高度赞扬"。不久，哥白尼天文学即出现在许多著作中，并作为选修课进入萨拉曼卡大学的课程表，这在1600年之前的欧洲大学里是极为少见的。连一些神学家也已成为"日心地动说"的信奉者，并试图证明这一学说与《圣经》条文不相矛盾。1584年，一位名叫楚尼伽(Diego Zuniga)的奥古斯丁派修士出版了其《〈约伯记〉注释》(*Commentary on Job*)。在这部著作中，他不仅公开宣称"日心地动说"比其他学说更加符合事实，而且极力论证它与《圣经》之间也无抵牾之处。例如，对《传道书》中所罗门所说的"但大地确永远固定"一句，他认为其含义并不是说地球不在运动，而是说明，尽管地球上生活的人代代更替，但地球本身却永无变动。因为整句话的内容是："一代过去，一代又来，但大地却永远固定。"他强调，《圣经》中的其他提到太阳运动的文字主要是以日常语言写成的，描述的也是日常现象，并不能以之作为证明地球是不动的依据。而《圣经》中的"它(指大地)的柱子便颤动"之句实际上从正面说明了地球是可动的。在其《物理学》(*Physics*)和《第一哲学》(*Philosophiae Prima*



① 罗素著，马元海译:《西方哲学史》，下卷，47页，北京，商务印书馆，1982。

② F. A. Yates: *Bruno*; *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 2, p. 539, Scribners, 1970.



Pars)两部著作中,楚尼伽也重申了类似的观点。[①]

罗马教廷对"日心地动说"的这种放任态度直到1613年之后才开始有所改变,促成这种改变的直接原因就是伽利略以望远镜天文新发现为基础对"日心地动说"所作出的公开辩护。这些辩护连同天界新现象一起在意大利等国家内引起了轩然大波,越来越多的人站到了伽利略的一边,认为望远镜天文新发现已无可辩驳地证明了"日心地动说"的正确性,或者至少证明了亚里士多德宇宙学的错误。在这种情形下,反地动论者的声浪也日趋高涨。"日心地动说"与《圣经》条文之间的矛盾也被这些人以更加尖锐的方式提出,并成为他们坚守地心地静观、反对"日心地动说"的一道最重要的屏障。有人甚至在布道时公开扬言:伽利略、哥白尼体系、数学以及所有数学家都是与基督教相对立的,而且对国家也怀有敌意。伽利略于1613年底写给学生卡斯特里(B. Castelli)的一封讨论科学和宗教关系,并证明"日心地动说"不违背教义的书信在几经传抄后也被送到了教廷,要求予以审查。

这封信是伽利略为了回答那些以《圣经》的权威来反对"日心地动说"的人们而写的,信中明确指出:一方面,《圣经》中对自然现象的描述是以通俗语言写成的,与一般人的日常经验相符合,为的是使其所宣传的信仰和道德思想能为人们所理解。《圣经》不是一部科学著作,其目的不在于宣扬科学,不足以作为判断一种科学学说是否正确的标准。另一方面,《圣经》与自然同为上帝的作品,因此不可能相互矛盾。对《圣经》中那些描述自然现象的字句,不能仅从字面意义上去理解,否则就会自陷于错误境地,特别是当这些字面意义与科学所得出的结论相左时。这封信开始一直在某些学者中间被传抄,当伽利略得知它已经被送到教廷之后,立即着手对之进行了扩充,题名为《致托斯卡那公爵夫人克莉丝汀娜的信》[②],并提交给教廷,以便他们了解自己的真实观点。



在这里,伽利略实际上提出了神学界早已存在的一个纯宗教问题的争议,即隐喻解经法与字意解经法之争。前一种解经法认为,经文中富有极其深奥的含义,因此,不能仅从字面上来理解它,而要从隐喻的角度来加以解释,尤其是当《圣经》的字面意思与哲学及常理明显相悖时更应该如此。后一种解经法则认为,《圣经》的字面意义也是应当遵从的真理。隐喻解经法在5世纪曾受到圣·奥古斯丁(Augustine,354—430)的强调,但一直是一个争议颇大的问题,而"日心地动说"出现之后,又把这一问题带到了科学领域的争辩之中。反对"日心地动说"的人往往坚持

① J. Vernet:*Copernicus in Spain*;J. Dobrzycki:*The Reception of Copernican Heliocentric Theory*,D. Reiindel Publishing Company,1973.

② G. Galilleo:"Letter to the Grand Duchess Christina";S. Drake:*Discoverries and Opinions of Galilleo*,New York,1957.

字意解经法，以《圣经》文字的权威作为自己论战的武器。而支持“日心地动说”的人则强调《圣经》文字的隐喻性，以此调和论敌们所宣称的“日心地动说”与《圣经》条文之间的矛盾。我们已经看到，楚尼伽就是如此行事的。而在第谷和罗特曼的论战中，二人也分别是以字意论者和隐喻论者的面目出现的。

当这种争议只局限在很少一部分学者中间的时候，教会当局尚未对它给予足够的重视。但现在，伽利略不仅公开声称哥白尼学说已由天界新现象中得到了证实，公然否定《圣经》上的权威，而且还把这件事闹得沸沸扬扬，致使许多人都“误入歧途”。连一位名叫弗斯卡利尼(P. A. Foscarini)的圣衣会修士都附和他的说法，并著书证明，“日心地动说”同《圣经》之间并不存在矛盾。教皇保罗三世坐不住了，他令人组织了一个小组，专门审议此事。结论很快就出来了，哥白尼学说被判定为愚蠢、荒谬和完全错误的异端邪说，有害于对《圣经》启示的理解。弗斯卡利尼的著作连同《天体运行论》及楚尼伽的《〈约伯记〉注释》一起被列入禁书目录，对“日心地动说”的公开讨论也同样遭到禁止。伽利略本人虽未受到直接指责，但却被告知，不得再在公开场合谈论哥白尼学说。

禁令下达之后，伽利略的确一度停止了对“日心地动说”的公开讨论。但他并没有放弃对这一学说的研究，同时还在努力争取说服教廷放宽禁令，给人们以更多的讨论哥白尼学说的自由。当他认为时机成熟之时，终于完成并出版了他早已计划的《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》(以下简称《对话》)。尽管他在书中一再声明，自己只是把哥白尼学说当做一种假说来讨论，但还是没有掩盖住书中在论证这一学说、批判逍遥学派和正统神学家时那咄咄逼人的锋芒。教皇被激怒了，伽利略受到异端裁判所审判，并部分地失去了人身自由。《对话》的出售被终止，1616 年的禁令被再次重申。

1616 年禁令与 1633 年的伽利略事件对“日心地动说”在欧洲的广泛接受所造成的不利影响是不言而喻的，尤其是在意大利、西班牙这些受罗马教会控制较严的天主教国家里，这一学说受到了严厉的禁止。然而，就整个欧洲而言，这种不利影响又是极其有限的。这主要表现在以下几个方面：首先，在新教国家里，罗马教廷的禁令虽然常常被作为反日心地动论者的论据，但却不具有官方效力。一些新教的代表人物虽然也是隐喻解经法的强烈反对者，但并不限制人们对这个问题的自由讨论。[①] 开普勒的《哥白尼天文学概论》等著作的出版并未受到教会方面的任何阻挠，伽利略《对话》的拉丁文译本连同其《致托斯卡那公爵夫人克莉丝汀娜的信》也于 1635 年在德国的斯特拉斯堡(Strasburge)得到公开出版。而在英国，1640 年

① B. Bienkowska:“The Heliocentric Controversy”; B. Bienkowskn: *The Scientific World of Copernicus*, Reindel Publishing Coinpany, 1973.



后，科学家中绝对反对“日心地动说”的言论已极为少见了。[①] 其次，在法国这样受罗马教廷控制较弱的天主教国家里，禁令也未得到认真贯彻。即便是在伽利略受审之后，默赛纳(M. Mersenne，1588—1648)、伽桑迪等身为神职人员的日心地动论者也没有真正停止对这一学说的公开宣传，尽管他们有时在措词上仍表现得小心谨慎。默赛纳虽然声称教廷有必要保证《圣经》的纯洁性，而且说自己无意为新天文学而冒与教会分裂的危险，但却在1634年公开以法文出版了伽利略早期的一本力学著作以及《对话》前两天内容的提要，并公然为伽利略辩护，认为其并非异端。到巴黎科学院成立之时，“日心地动说”连同开普勒天文学一起变成了其中天文学家共同的工作基础。最后，在意大利、西班牙等国家，把“日心地动说”作为一种纯粹的数学假说来使用也不受禁止。连当时反对“日心地动说”最为坚定的意大利耶稣会天文学家里奇奥利(G. Riccioli，1598—1671)都承认哥白尼理论的想象力和简单性，并公然称之为“最好的数学假说”[②]。

正是在这样的条件下，以哥白尼学说为基础的近代天文学才得以在以英国、法国和德国为中心的地区得到了进一步发展，并以其不可辩驳的真理性反过来证明了哥白尼学说的正确。科学的力量是不可阻挡的，1757年，教廷不得不将哥白尼和伽利略的著作从禁书目录中删去，“日心地动说”终于在欧洲取得了决定性的胜利。



① J. L. Russell: “The Copernican System in Great Britain”, J. Dobrzycki: *The Reception of Copernican Heliocentrie Theory*.

② L. Campedelli, Riccioli, *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 2, p: 539, Scribners, 1970.

第四章　明末西方天文学的传入

第一节　耶稣会士来华的背景

一、耶稣会的由来

16世纪上半期，随着文艺复兴运动的深入发展以及欧洲各国民族主义思潮的兴起、资本主义经济的起步，由马丁·路德和加尔文(Jean Calvin，1509—1564)等先后在1517年和1541年掀起的宗教改革浪潮席卷了大半个欧洲，沉重地打击了罗马天主教会，使这个昔日欧洲的精神统治者和最大的封建主很快失去了其大片领地及一半以上的势力范围。在此情况下，天主教会内部也采取了一系列的反改革措施。包括内部改良、组织新教团、召开特兰托工会议以及制订禁书目录等，甚至不惜动用武力，挑动和参与宗教战争。正是在这种背景下，耶稣会应运而生了。

耶稣会的创始人是西班牙贵族依纳爵·罗耀拉(Ignatius Loyola，1491—1556)，他早年充当过骑士，梦想着在军队里终其一生。但在1521年对法国人作战中他双腿致残，于是重新设计了自己的生活，发誓成为基督的战士，并且要创造超越前代圣徒的业绩。为此他开始了修道生涯，并重新接受了系统的教育，同时还将一批追随者团结在自己的周围，开始宣扬自己的教义。1534年，他在巴黎正式组织了耶稣会，并与会士同发誓愿：或像基督那样前往耶路撒冷救护穷人，或完全听命于教皇的调遣。在前一努力失败后，他们来到教皇座前请求指引，希望成为教皇向异端开战的精神军队。经过一番犹豫，教皇保罗三世于1540年9月27日认可了该会的存在，并规定，全体会员必须每日牢记自己的誓言：永远毫无保留地忠实于最崇高的教皇，为上帝而斗争。



尽管保罗三世一开始仅把该会的人数限制在60人以内，但却没有挡住它的迅速发展。仅至1626年该会便已拥有1 500余名成员，分布在世界各地，形成了一支颇为可观的宗教势力。会员们模仿军队编制，有一套等级森严的管理系统。会长长驻罗马，对会员享有绝对的控制权，因而有“黑衣教皇”之称。

在教义上，该会坚持罗耀拉的主张：“人之生者乃为赞美尊奉我主，以此拯救灵魂。”并以人的“自由意志说”来与路德的“信仰得救说”和加尔文的“上帝预定说”相



对抗。在实际行动上，则要求会员们绝财、绝色、绝意，以专注精神尊奉上帝。为了达到此项要求，每位会员在入会之前，都必须经过以四周为一期的精神修炼。

在遵从教皇方面，罗耀拉则要求会员“抛弃私有个人的判断，时刻准备着在一切事情上听从我主基督的真正配偶、我们最崇高的母亲——罗马教会”，甚至“应该时刻准备着相信白的是黑的，只要罗马教会是如此决定的”。

二、护教措施

在为教皇而战的过程中，耶稣会推行了两条重要措施，即兴办教育和海外传教，并收到了很大的成效。

在兴办教育的过程中，耶稣会开设了成百上千所大学和中等学校，其中许多大学在当时堪称一流。然而，就该会的教育宗旨而论，这些学校是为培养教皇的奴仆服务的，思想控制极其严格。学生所用的教科书都须经过严格检查，以确保其中没有异端思想；私下阅读的书籍也必须经过同意。有些学校甚至还设立特务系统，以期让学生相互监视。通过这种方法，他们培养了一大批教会的仆从，并训练出了一批忠实的传教士，为海外传教工作奠定了基础。日后该会来华的教士中，几乎所有人都是毕业于这些大学的。

海外传教措施是以欧洲海外殖民扩张政策为背景的，其目的在于扩大天主教在海外的影响及势力范围，以新教区的开辟弥补罗马教廷在欧洲内部的地域损失，以此增强同新教相抗衡的力量。这一行动一开始就在客观上得到了葡萄牙、西班牙等拥护罗马教会、反对宗教改革的海外殖民大国在政治、经济甚至军事等方面的支持和帮助，他们在亚洲、非洲及拉丁美洲的殖民地很快成为耶稣会的海外教区与传教基地。通过这些基地，耶稣会还进一步把自己的活动范围向殖民地以外的广大地区延伸，为罗马教廷争得了大片领地。

在海外传教过程中，耶稣会士表现出了两个反差甚大的方面：一方面，他们在墨西哥卷入了对印地安人的奴役，在南美洲动用了武力并加入了对本地人的盘剥；另一方面，他们在中国及日本等地却主要是以谦恭温雅、品格高尚和博学多才而著称，并充当了当时欧洲科学技术东传过程中最重要的媒介。在对耶稣会的海外传教政策进行评价时，这两个方面历来是造成分歧的主要根源。作为一个有着军队般严格的内部管理制度的宗教集团，这两个方面的巨大差异自然不能单用传教士个人在品格、修养及性情上的差别来解释，只能从其内部的一些基本信念上去找原因。

事实上，在传教及其他活动中，耶稣会士一直信奉着两条道德原则，即所谓的“可能主义”(Probabilism)与“精神保留”(Mental Reservation)。前者允许他们把任何行为说成是完全可以被上帝接受的，只要这些行为具有任何可能正当的理由；

后者则允许他们隐瞒真相或给人以错觉,只要这样做的结果看起来似乎是好的。[①]基于这两个原则,耶稣会士在不同的情形下就可以采取任何有利于传教的手段来传教。利玛窦就曾明确地表示过类似的信念:“按照上帝的安排,对不同的民族在不同的时候应该采用不同的方法去帮助人民关心基督教。”[②]而1584年,一位名叫Sanchez的耶稣会士在谈论是否用武力传教中国的问题时也写道:“对中国我们既无名义也无权利去征服,但在秘鲁,我们就有很多名义与权利了。”[③]另一位叫Guiseppe de Acosta的会士不久也表示,对那些“野蛮的不讲人道”的、“不讲理不守信用的,也不讲策略”的教外人,“为了好好地待他们,可以用武力使他们就范;这也是为他们的好处”,而对中国则不能如此。[④]

三、耶稣会的东来及其所面对的中国

第一位前往东方传教的耶稣会士是沙勿略(Francis Xavier,1506—1552),他是在巴黎第一批追随罗耀拉的六名耶稣会士之一,耶稣会海外传教活动的创始者。1541年他来到葡萄牙在印度西岸的殖民地果阿,1549年前往日本传教。在日本,他发现当地人在宗教等事务上总是以中国为楷模,于是开始把注意力转向这个东方大国,并为进入这个国家耗尽了一生最后的精力。

尽管沙勿略没有完成他进入中国传教的任务即去世,但他的努力却唤起了耶稣会对中国的注意,使之成为其东方传教计划中的一个焦点。1553—1564年,葡萄牙人获准进入澳门,掌握了那里的控制权。很快,耶稣会就在这里建立了自己的教堂,使之成为其在东亚及东南亚地区传教的根据地。1583年10月,利玛窦等一行从这里进驻肇庆,在那里建立了该会在中国的第一个传教中心。随后又逐步向北发展,先后在南昌、南京、北京、杭州、西安、福州等中心城市建立了自己的传教基地,从而开始了在中国内地的大规模传教活动。

当耶稣会士们叩响中国的大门时,明王朝在政治上正在走向衰落。然而,在经济、文化、科学、技术以及综合国力等方面却在明初及明中期巨大发展的基础上继续前进,保持着较高的水平。中国的地大物博、经济发达、历史悠久、文化昌盛给这些初入华夏的欧洲人留下了极深的印象,使他们发出了出自内心的叹服。利玛窦就曾深有感触地写道:“再回到这个帝国的辽阔的幅员和声望上来,应该指出的是,

① C. L. Manschreck: *A History of Christianity in the World*, p. 201, Prentice-Hall, Inc., 1985.

② 何高济等译:《利玛窦中国札记》,180页,北京,中华书局,1983。

③ 《桑革兹神父致高爱劳神父书》,见罗渔译:《利玛窦书信集》,下册,464页,(台湾)光启出版社、辅仁大学出版社,1986。

④ 《德·阿高斯塔神父对西班牙有意出兵侵华在公义方面的意见》,同上,495～496。



它四周的防卫非常好，既有自然，也有科学所提供的防御"，"它目前超过世界上所有的王国合在一起"，"凡是人们为了生存和幸福所需的东西，无论是衣食或甚至是奇巧与奢侈，在这个王国的境内都有丰富的出产"。"中国人是最勤劳的人民……在他们中间大部分机械工艺都很发达。他们有各种各样的原料，他们又天赋有经商的才能。""中国人不仅在道德哲学上，而且天文学和很多数学分支方面取得很大的进步。"当时对中国有所了解的欧洲人大多数都有同样的印象，连远在墨西哥传教的阿考斯塔(Guiseppe de Acosta)也知道，中国是一个"有严谨的政体、聪明勤劳、地大物博、人口众多、城池井然"的国家，这正是他反对武力传教中国的原因之一。尽管他们同时也看到这个国家在社会生活及科学技术等方面的一些不足之处，但并没有因此改变对其整体强大的认识。

传教士们所注意到的另一个事实是，中国尽管强大，但对外国人却戒心甚重，一直奉行着闭关自守的原则："中国人远胜于世界上的其他一切民族，对外国人是猜疑的"，尤其是葡萄牙人(当时被称为"佛郎机")，他们"船只的规模，他们的异乎寻常的装备，他们大炮的轰鸣，都只能增加中国人内心的恐惧"。他们被中国人看成是"强健的战士和各个国家的征服者"。[①]

这种印象是基本符合事实的，因为明朝自开国以来由于倭寇为害，海禁一直很严。而当葡萄牙人出现在东南沿海时，中国人的戒备心理尤重。因为明朝政府对他们在马六甲、苏门达腊和菲律宾等地的侵略行为早有所闻，而且，广东、福建的一些沿海地区已多次遭到过他们的侵扰。他们还强行闯入广州进行贸易，在贸易过程中不仅"擅违则例，不服抽分"，而且还"掳掠男妇，设栏自固，火铳横行"，被认为是海外诸藩中"最凶狡"然而却又有着"巨炮利兵"的一藩。进踞澳门后，他们又"结庐城守，据险附隅"，以至朝宫中有"粤之有奥夷，犹疽之在背"的说法，防范甚严。[②]

四、对华传教方略的确立

对于与葡萄牙人结伴而来、杂群而居的耶稣会士来说，中国人的这种严重的戒备心理对传教活动自然是极为不利的，而中国的强大也迫使他们不得不认真考虑一下自己的传教方法。他们很快意识到，"必须非常文质彬彬地与这一民族交往，不能以不谨慎的狂热行事。因为我们冒着非常容易地丧失自己已取得的成果之危险"[③]。尽管当时也有少数耶稣会会士曾建议西班牙及葡萄牙等国派军队取消中

① 何高济等译：《利玛窦中国札记》，139～140，北京，中华书局，1983。

② 张维华：《〈明史·欧洲四国传〉注释》，第1卷，上海，上海古籍出版社，1982。

③ 《罗明坚1584年致总会长的信》，见谢和耐著，耿升译：《中国和基督教》，23～24，上海，上海古籍出版社，1991。

国皇帝的治国权，以协助教士在中国传教[①]，但大多数人还是同意入华会士的上述看法。

入华耶稣会士的对华传教方略大体可归结为以下三点。

第一，顺应中国文化传统，不仅学会汉语的听、说、读、写，而且努力研读儒家经典，注意以儒学语言解释自己的教义，极力证明儒学与天主之学是相通的。甚至在着装上也尽量“儒化”，入华 12 年后即争得本会监察员同意，改僧袍为儒服，并蓄发留须，以儒者面目出现。

第二，走上层路线。耶稣会士初入澳门时便已经意识到，在中国传教“最大的困难在于他们根据级别而遵守相互听命和非常严格依附的关系，甚至直到皇帝都是如此。这就是为什么全部事项都取决于皇帝是否有意和渴望把神父召到其身旁”[②]。从这时起，他们就十分注重以各种手段疏通和结交中国各级官员，并为能获准进入中国首都、接近皇族及皇帝本人作出了巨大的努力。

第三，“挟学术以传教”。这是耶稣会对华传教方略中对中国文化产生影响最大的一条，其出台大体有几个原因：首先，传教士们在初入中国时即已认识到，对中国人来说“在民间传播一种新宗教特别使他们反感，因为他们从过去的经验中早已知道，在传布新宗教的借口之下，纠集起一批反叛的阴谋分子曾经造成了内乱和骚动”[③]；其次，传教士们注意到，在与其结交的中国人中，真正“为此（基督教理）而来的人数极少”，相反，多数人感兴趣的是那些来自欧洲的新奇物品及各种知识；再次，传教士们还觉得，由于中国人习惯于把异族视为落后的蛮夷之类，因此必须设法让他们不把教士们同这些蛮夷之类相提并论。当然，教士们也明白这一事实，即最能左右中国社会思潮的是中国的学者阶层，因此必须以合适的方式去与之打交道。

所以，传教士们避免了直接和单一传教的做法，而以伦理家、哲学家、科学家以及博学家的身份出现，通过西方的文化及科技知识影响中国文人，树立自己作为外国人的新形象，以赢得中国人的友谊和支持。同时又把天主教描述为与西方哲学和科技知识相统一的一种学问，统称之为“西学”或“天学”。[④]

“挟学术以传教”方略是造成明末西方科技知识大量传入的直接原因，奠定了入华耶稣会士在中西科技交流史上的重要地位。然而有一点必须再次强调：耶稣

---

① 冯天瑜：《利玛窦等耶稣会士的在华传教活动》，载《江汉论坛》，1979(4)。

② 《罗明坚书简》，1581 年写于澳门。见谢和耐著，耿升译：《中国和基督教》，23～24 页，上海，上海古籍出版社，1991。

③ 何高济等译：《利玛窦中国札记》，155 页，北京，中华书局，1983。

④ 艾儒略的《西学凡》系统描述了这样的知识体系；李之藻所编《天学初函》也把西方科技与哲学宗教理解成一个完整的体系。



会士来华的主要目的是传教，宗教以外的其他欧洲知识只是在作为诱饵以及有利于他们在中国的声望和地位这一前提下才被他们介绍到中国来的。

关于这一点，利玛窦曾不止一次地谈到。他写道："多少世纪以来上帝表现了不止用一种手段把人们吸引到他的身边。垂钓人类的渔人以自己特殊的方法吸引人们的灵魂落入他的网中，也就不足为奇了。任何可能认为伦理学、物理学和数学在教会工作中并不重要的人，都是不知道中国人的口味的，他们缓慢地服用有益的精神药物，除非它有知识的佐料添味道。""令人惊异的是，神父博学声誉是怎样因他(指李之藻)的著作(指与利玛窦等合译的数学、天文著作)而得到传播的……然而，所有这一切都不是利玛窦神父的主要兴趣，尽管它仿佛起了一种诱饵的作用，把李良(指李之藻)吸入了网罟。"[①]另外，1614 年耶稣会日本和中国省区会长下令禁止"向中国传授数学或者除了《福音书》以外的任何其他科学"，果阿及澳门的许多教士也取同种立场。[②] 这也从另一个角度表明，向中国传播宗教以外的欧洲知识并非耶稣会的初衷。

记住这一点将有利于我们对耶稣会士在明清中西科技交流过程中的地位给出一个客观公正的评价：第一，入华耶稣会士在其传教的主要目标之外，"分外"地充当了当时沟通中西科技的惟一可资利用的桥梁，将许多中国前所未有的新知识传输过来。不管是否出于初衷，这一行为在客观上是值得肯定的。第二，由于耶稣会士不是专业的科学家，同时又受到极严格的会规控制，来华的主要目的是传教，因此，我们对他们所传入的科学技术知识就不能过分地求全责备，只能对当时没有更有效地沟通中西方科学技术的途径而深感遗憾。

第二节　入华耶稣会士的早期天文活动

耶稣会士介绍来华的欧洲科技知识涵盖甚广，包括算术、几何、天文、地理、力学、机械、水利、火器以及矿冶等方面，这些知识在中国都产生了较大的影响。不过，由于以下三方面的原因，他们介绍的欧洲天文知识一度成为倾心西学的中国人的关心焦点。

第一，传教士所介绍的许多最基本的天文概念，尤其是关于大地及宇宙的形状、地球与日月五星乃至整个宇宙的大小以及交食成因等，都与中国传统的说法有所差别，并且也都言之成理。他们所带来的许多天文仪器，如自鸣钟、浑天仪、星盘、日晷、象限仪等，也都显得那么新奇。因此，激起了许多中国人的好奇心。

---

① 何高济等译：《利玛窦中国札记》，347 页，北京，中华书局，1983。

② 谢和耐著，耿升译：《中国和基督教》，23～24 页，上海，上海古籍出版社，1991。

第二，明朝于弘治年间弛私习天文之禁，万历年间又有“庙堂议兴历学，通算与明经同进”①之说，民间研习逐渐成为一种时尚，通天算之学甚至可以提高一个人的社会声望。例如，利玛窦便提到，当时南京的著名学者李心斋“为了给儿子树立名声……去请了一位精通数学的学者写了本有关这方面的大书，然后他出版了此书，刻上他儿子的名字作为著者”②。天算之学的时髦程度由此可见一斑。因此，当利玛窦作为“一位了不起的数学家”③的名声流传开后，自然会招致那些对此有兴趣的人前来与之交游论学，甚至有人“是要以会见最著名的数学家而奠定自己作为数学家的名气”④。

第三，历法需要修改已成为朝野皆知之事。当时，准确地预报交食是要解决的关键问题之一，但钦天监却屡屡出错。在这种情况下，利玛窦等人不仅向中国人宣传西方天文学比中国发达，而且有时“凭借一些(欧洲的)年历及葡萄牙历书就能比他们做出更准确的交食预报”⑤。于是便有人产生了凭借传教士或他们的天文历算知识进行改历的想法，南礼部尚书王弘海就是其中一位。1592年他在韶州就向利玛窦请教了一些数学问题，并答应“将把利玛窦带到京城去校正中国历法的错误”⑥。另外，有些中国学者在认识到传统天算之学的内在弱点后，也试图借鉴利氏所传的西法。例如，医学家兼天文学家王肯堂就曾因此而将自己的两名学生送到利氏门下。⑦

鉴于中国人对欧洲天文学的特殊兴趣，尤其是看到天文历法之学可能是传教士通过参与改历从而进入中国首都，接近皇家人士，实现其上层传教政策方略的有效途径时，利玛窦便提出了一种“两手抓”的原则，即“右手抓与上帝有关之事，左手抓这些事(指天文历法之学)，二者不可或缺。我们的已有成绩正是用这种方法获得的”⑧。这一原则正是其“挟学术以传教”方略的具体化，在明清之际的入华传教士中得到了较好的贯彻和坚持。在正式进入历局参加《崇祯历书》的编纂之前，他



① 李之藻：刻《同文算指》序，见《文渊阁四库全书》，798册，341～342页，(台湾)商务印书馆，1983。万历四十年，黄道周以《一岁寒暑之候论》这样一篇讨论天文问题的文章而得中秀才，并得到监考官的好评，事见庄起涛《黄漳浦先生年谱》卷上。见侯真平，娄曾泉校点：《黄道周年谱》，54页，福州，福建人民出版社，1999。

② 何高济等译：《利玛窦中国札记》，344页，北京，中华书局，1983。

③ 利玛窦致总会长阿桂委瓦神父的信，1595年11月4日撰于南昌。

④ 何高济等译：《利玛窦中国札记》，359页，北京，中华书局，1983。

⑤ 利玛窦1605年5月12日致总会长的信。

⑥ 何高济等译：《利玛窦中国札记》，272页，北京，中华书局，1983。

⑦ 同上。

⑧ 《熊三拔1610年9月2日致总会长的信》见，M. D, Alia, *Galileo in China*, p:21, Harvard University Prres, 1960.



们已经为在中国传播西方天文历算知识做了很多工作。

1. 对西方天文历算知识的一般介绍与宣传

入华传教士对欧洲天文历算知识的介绍和宣传是从刊刻西方的世界地图开始的。1584年，利玛窦等人进入肇庆之后不久，一些前往他们住处参观的中国人对那里悬挂的一幅世界地图表现出了十分浓厚的兴趣。在知府王泮等人的促动下，利氏将这幅地图改画为以中国为中心的形式，并附以中文解说加以印刷，向中国人介绍了“地圆说”、地球经纬度、五大气候带等概念以及许多新奇的地理知识。此图刊行后不胫而走，被“经常加以校订、改善和重印，进入了长官和总督衙门，大受称赞，最后应皇上亲自请求而进入皇宫”①。据统计，在利氏1610年去世之前，此图至少演化出12个版本②，其中有些是由耶稣会士参与的，有些则纯系中国人的仿刻。后来，利玛窦又在图中的注释文字里增加了“九重天球说”、各天体的相对距离与大小、天球运动周期、天球基本圈、日月食原理以及太阳赤纬变化表等天文知识，并辅以图示。这种以地球图说的方式介绍欧洲天文知识的做法后来成了来华传教士的一种常用手法，连蒋友仁介绍“日心地动说”的文字都是附在世界地图的说明文字之中首先在中国问世的。

除了刊刻地图，传教士们还在一些中国学者的帮助下出版了一批介绍欧洲天文历算知识的中文著作。其中最著名的有利玛窦与李之藻合译的《乾坤体义》与《浑盖通宪图说》、阳玛诺的《天问略》、熊三拔等人的《表度说》与《简平仪说》以及汤若望的《远镜说》等。这些著作在明清之际流传甚广，在《崇祯历书》编纂完成之前，与地图注释一起构成了当时中国人了解一般西方天文知识的主要来源，其中有一些还流传到朝鲜，成为最早出现在该国的西方天文典籍。③

在一些宗教著作中，耶稣会士们也时常引用某些基本天文知识，其目的虽多在为解说教义服务，但也构成了早期传播欧洲天文学的一条重要途径。例如，艾儒略(J. Aleni)在崇祯元年(1628)出版的《万物真原》中谈到了水晶球体系以及传说中阿基米德(书中称为亚而基墨得)所造的“天地之仪”(七政仪)等内容。而汤若望在崇祯二年所刊的《主制群徵》中不仅谈到了各天体的运行周期，而且还较为详细地介绍了伽利略等人的望远镜天文新发现，成为在中国介绍这些发现的早期文献之一。此类宗教著作中的欧洲天文知识并未被中国人所忽视，连一些天文学家也给



① 何高济等译:《利玛窦中国札记》，180～181页，北京，中华书局，1983。

② 洪业:《洪业论学集》，150～192页，北京，中华书局，1981。

③ 洪凤汉原著，李万运、仆大容增补:《增补文献备考》卷二四二“艺文考一”载:“仁祖九年(1631)，郑斗源回自京师，献西洋陆若汉所赠《治历缘起》一册、《天文略》一册、利玛窦《天文书》一册、《远镜书》一册、《千里镜说》一册。”其中，《天文略》疑即《天问略》，《远镜书》与《千里镜说》也应与《远镜说》有关。利玛窦《天文书》似为《乾坤体义》。

予了高度的重视。例如，在揭暄的《璇玑遗述》及游艺的《天经或问》中，有许多西方天文学内容即引自诸如此类的宗教著作。

除了出版著作，传教士还在自己的住处陈列一些天文器物，用以宣传欧洲天文历算知识。继肇州首刊世界地图以后，利玛窦看到欧洲科学知识对中国人竟然有如此的“震慑”力，于是便接着制作了天球仪、地球仪以及各种日晷，并“把这些不同的器械展示出来，把它们的目的解说清楚，指出太阳的位置、星球的轨道和地球的中心位置”①。后来，利玛窦在南昌传教期间也将一部分精力用到了这方面，经常向来访的居民解答一些数学问题，或者给他们拼制日晷作为消遣，并向他们演示日晷计时的原理。的确，这种做法对于树立传教士在中国人心目中的“大天文学家”的形象是很有帮助的。

天文器物还常常被作为礼品赠送给一些中国官员，这在一定程度上也起到了宣传欧洲天文历算之学的作用。这些礼品中除了有自鸣钟、沙漏、日晷、星盘、地球仪、天球仪、浑天仪等仪器之外，还有一些欧洲天文书籍。例如，利玛窦一行1595年在南昌送给建安王的礼品中就有两部按欧洲式样装订、用日本纸张印刷的书，“其中有一部书附有几幅地图、九重天体轨道图、四元素的组合、数学演示以及对所有图画的中文解说”②。

传教士宣传欧洲天文知识的另一途径是谈话与讲学，在那些对欧洲天文历算之学感兴趣的中国人当中，这种活动也是很受欢迎的。例如，在利玛窦到南京时(1598)，就曾同应天知府赵可怀作了“谈兴无休无止”的会谈，“讨论了数学问题并谈到欧洲的一般情况”。后来赵氏还想请利玛窦多住几日，制造一些历算仪器。③另外，在南昌期间，利玛窦还曾为章潢所主持的白鹿书院介绍过欧洲天文数学，很受喜爱。④ 其余传教士在与中国人交游论学的过程中，也多有谈及欧洲天文知识者。例如，艾儒略在福建传教过程中就曾颇为详细地论及东西时差、流星成因等天文问题。⑤

2. 开门授徒

在介绍和宣传西方天文历算知识的同时，耶稣会士还按当时中国文人师徒授受的习惯，从被吸引到他们周围的中国学者中找到了一些合适的人选，对之进行了专门传授与培训，而当时也有一些倾心西学的中国学子为了学习欧洲的科技知识

① 何高济等译:《利玛窦中国札记》,182～183页,北京,中华书局,1983。

② 何高济等译:《利玛窦中国札记》,301页,北京,中华书局,1983。

③ 何高济等译:《利玛窦中国札记》,322～323页,北京,中华书局,1983。

④ 利玛窦致阿高斯神父书。1595年10月撰于南昌。

⑤ 艾儒略:《口铎日钞》。见郑安德编辑:《明末清初耶稣会思想文献汇编》,52页,97页,北京,北京大学宗教研究所,2000。



而投至其门下。这样,传教士便在中国造就了第一批以西方天文历算之学为主攻方向的人才,这批人才反过来也为传教士的天文历算工作,乃至整个传教事业提供了极大的帮助。

第一位门徒是瞿汝夔(约生于 1545 年,字太素)。此人对耶稣会在中国的宗教工作曾起过很大的推动作用。耶稣会士在中国儒冠儒服,据说就是他的建议。①他本为名门之后,但却不善守业,以至家道一度中落。他年轻时曾执迷于黄白之术。之所以结交传教士,是因为当时人们普遍相信,他们擅长此道。但自 1588 年在端州及韶州初交利玛窦之后,他很快把自己的精力转移到了西方天文数学的学习与研究上,"从公(利玛窦)讲象数之学,凡两年而别"。据记载:"他从研究算学开始……接着从事研习丁先生(C. Clavius,耶稣会天文学家)的地球仪和欧几里德的原理,即欧氏的第一书。然后他学习绘制各种日晷的图案,准确地表示时辰,并用几何法测量物体的高度。我们已经说过,他很有知识并长于写作。他运用所学到的知识写出一系列精细的注释。当他把这些注释呈献给他的有学识的官员朋友们时,他和他所归功的老师都赢得普遍的、令人艳羡的声誉……他日以继夜地工作,用图表来装点他的手稿,那些图表可以与最佳的欧洲工艺相媲美。他还为自己制作科学仪器,诸如天球仪、星盘、象限仪、罗盘、日晷及其他这类器械,制作精巧,装饰美观。"②

据利氏声称,经过两年的学习,瞿氏已"从一位学生变成了导师"。然而,更重要的是,他为倾心西学的中国人提供了一个拜师于西士的先例。因此,当利氏在 1598—1599 年留居南京期间,又有三位中国人为此拜到了他的门下。而且,有趣的是,他们都是奉原来的老师之命而如此行事的。这三位弟子中最出色的是王肯堂的弟子张养墨。在求学期间,"他无师自学了《欧几里德》第一卷。他不断向利玛窦请教几何问题。当他的老师告诉他不要占用别的学生的时间时,他就去工作和用中文印刷自己的教科书",而且还同其他两位学生一起帮助利氏制作了各式各样的日晷以及天球仪、地球仪、象限仪与纪限仪等仪器。③

从利玛窦的记载来看,瞿汝夔和张养墨在学习期间都有所著述,可惜均湮没无闻,所以对后人影响较小。不过,在随后的岁月里,又有两位名声和地位较这二人为高的中国学者来到教士们中间,成为西方天文历算之学的热心研习者和鼓吹者,同时变成了当时天主教在中国的柱石。这两个人就是徐光启与李之藻,他们自中年与利玛窦等传教士交往,并受洗入教,此后终生与之为伍。可以说,在明末从传

① 艾儒略:《大西利先生行迹》。见新会陈垣,1919 年铅印本,2 页。

② 何高济等译:《利玛窦中国札记》,247 页,北京,中华书局,1983。

③ 何高济等译:《利玛窦中国札记》,351 页,北京,中华书局,1983。

教士研习西学的人中，他们对西学涉猎面之广、造诣之深以及倡导之力都是无人可比的。

细算起来，明末曾直接跟从传教士研习西方天算之学的中国人数目并不算少。除从阳玛诺撰《天问略》的孔贞时、王应熊，从熊三拔撰《表度说》的周子愚、卓尔康，从庞迪我撰《日晷图法》(此书现仅有抄本，以及从汤若望撰《远镜说》的李祖白等人之外，还有曾任兵部尚书的熊明遇。熊明遇曾为《表度说》、《七克》①等书作序②，对西教及西方天算之学均推崇有加。据其弟子熊山薦称，熊明遇在京中时曾受“汤若望先生历法之传”及其“格致之学”③。此说大体不诬，因为熊明遇《格致草》中的天文内容多本西法，其弟子游艺的《天经或问》(前集)更是以西说为宗。熊明遇与游艺甚至连传教士所宣扬的上帝主宰说亦信而不疑。④ 熊山蔗《历理通书》中亦附有徐光启所请“改历十事”及地圆说、十二重天球说、简平仪图说以及“天文格致”(气象学)等西方科学知识，据其自称，这些知识乃传自熊明遇。

除上述这几位有著作可考的人物之外，徐光启为编纂《崇祯历书》而开设的历局实际上也是一所西方天算人才的培训中心⑤，曾在其中协助改历并学习新法的人仅见于徐光启、李天经的治历疏稿中的便有近30位。这些人大部分系历局选自民间，另有一些人来自钦天监，还有一些人(如王应遴、陈应登等)则是朝中官员。他们是明末拥护以西法改历的重要力量，在与魏文魁等保守人士的辩论中，许多人都发挥了积极作用。

3. 为参与中国改历做准备

当耶稣会士们意识到，假如能被允许参与明王朝亟待进行的历法改革，则可以找到一个最为合适且最有吸引力的理由，让中国皇帝批准他们久居国内，以达到“让两三名教士在北京专门从事此项科学研究，而其余人则可以默默地在帝国的其他地区安然布教”，“在天算的光影下有效地为皇帝翻译哲学与神学著作”⑥。为此，他们一方面为西方天算之学的优越性以及自己在这个领域里的造诣大做宣传，另一方面又积极地在本会内部进行人员和资料上做准备。



为了更好地达到宣传的目的，传教士们不仅以擅长天算自居，出书制器，引徒

---

① 庞迪我撰，乃宣传教义之书。

② 熊明遇:《绿雪楼集·素草下》。

③ 熊山薦:《历理通书》“自序”及卷甲末“自叙”，清刻本。

④ 游艺《天经或问》(前集)“天地之原”及其中所引《格致草》内容。日本崎阳西川，训点，《四库全书》本将此节删除。

⑤ 见本章第五节，三。

⑥ 龙华民1612年10月15日致总会长的信，见M. D'Elia. *Galileo in China*，p:22，Harvard University Press，1960。



讲谈，而且还时常进行交食预报，以显示西历之精。[①] 利玛窦还曾进一步将《额我略历书》(即 Julian 历)译为中文，并和中国所用的阴阳历相配合，“使中国籍教友可以看出一年中哪些节日是固定的，哪些是不固定的以及中国二十四节气等”，以显示西方历书“简单又清楚，一目了然”的优点[②]。据说这部历书曾使一些中国人感到“非常惊讶”，以至要求利氏将其印行。但利氏虑及在中国私印历书有“倡乱之嫌”，因此才未公开出版。万历二十八年(1600)，利玛窦首次获准进京面圣。他抓住这一机会向皇帝做了一番宣传，说自己“天地图及度数，深测其密，制器观象，考验日晷并与中国古法吻合”。提出“尚蒙皇上不弃疏微，令臣得尽其愚，披露于至尊之前，斯又区区之大愿。然不敢必也，臣不胜感激待命之至”[③]。这是这次利玛窦觐见中国皇帝时提出的惟一要求，传教士们在天算方面的声誉及其欲以此效力中国的愿望正是由此直接上达天聪的。到万历四十年(1612)，庞迪我、熊三拔二人在向神宗进献奉命译绘的世界地图时，又附上了两具时晷，并称：“臣等学道余闲，颇习历法，二物系臣等制造，谨附进御前。”[④]

然而，平心而论，直到利玛窦 1610 年在北京去世为止，入华耶稣会士实际上还无力真正参与改历。因为，一则，他们之中虽有像利玛窦那样在大学里修习过数学天文课程、天算基础较好的成员，但毕竟与专修水平难以相俦。因此，他们在中国人面前虽然敢以天算大家自居，但对本国人，则只敢以略带调侃的口气谈论自己在中国的这种身份。例如，利玛窦在 1595 年 11 月 4 日致总会长的信中就这样写道：“说实话，假如世界上只有中国，我确实可称是位大数学家，还可称是自然哲学家……他们对我推理的精细赞佩不已，对我们的数学、哲学、信仰等，无不表示景仰，以为我是一位万能博士，是欧洲绝顶聪慧之人，这不免叫我好笑，他们太抬举我了……都以为是一位了不起的数学家。”这样的水平当然难以胜任改历这样的专业性工作。二则，他们入华之初原为传教而来，故随身所带的多为宗教典籍，绝少天算著作。到利氏去世时，在华会士手中的欧洲天文书籍除一些历书之外，仅有本会数学家及天文学家克拉维斯即丁先生的《日晷》、《〈天球论〉注释》以及《星盘》三部[⑤]，实难满足改历之实际需要。



① 见本章第一节以及第五节。崇祯三年五月十六日徐光启在《修改历法请访用汤若望、罗雅谷疏》中亦称：“臣等昔曾遇西洋利玛窦，与之讲论天地原始、七政运行……自后每遇交食，即以其法验之，与彼监所推不无异同，而大率与天相合。

② 《利玛窦致德・法比神父书》，1605 年 9 月撰于北京。见罗渔译：利玛窦书信集(下册)，台湾光启出版社、辅仁大学出版社，1986 年，276～277 页。当时教廷已于 1582 年 10 月颁行了格列高利历，利氏在此之前已离开欧洲，所以可能没有新历书。

③ 黄伯禄：《正教奉褒》，5 页，上海慈母堂，光绪三十年。

④ 《熙朝崇正集》卷二。

⑤ M. D, Elia: *Galileo in China*: pp: 19～20, Harvard University Press, 1960.

因此，自利玛窦开始，许多在华会士都写信给本会首脑，向他们解释天算工作在中国传教中的特殊重要性，敦促他们向中国遣送天算家或本会天算造诣较深的成员，并在欧洲筹集必要的天算书籍。对这些史实，艾儒略作过部分记载："向利子未殁时，见有传道之机，且为熙朝历法岁久而差……利子以道之广传及国家重典，俱未可一人独任，因寄书本国，招一二同志，多携西书同译。"[①]事实上，在1612年之前，除利氏之外，有过类似举动的还有阳玛诺、龙华民、熊三拔及在广州的陆若汉(J. Rodrigues)。龙华民还建议："今后凡将入华之神父，必先修习天算课程。"[②]其中，熊三拔是利玛窦去世前3年被召入京，专门从事天算工作的。

在华教士的反复呼吁最终引起了耶稣会总会的重视。1612年8月，耶稣会日本及中国教区视察员帕西欧(Francis Pasio)致函熊三拔，询问了有关中国改历的问题，并要求熊氏就中国历法中所须修正的问题及中国人改历的目的提交一份报告。而且，当1612年底奉命从中国回罗马的金尼阁于1618年4月动身返华时，耶稣会总会和教皇让他带来了从欧洲各地募集而来的7 000余部书籍和一些天文仪器。更重要的是，3名精通天算之学的会士汤若望、邓玉函及罗雅谷也奉命随行。这批书器与人员的来华对耶稣会在华的天文历法工作意义重大，从人才和资料两方面为他们参与改历提供了基础。中国出现的第一架望远镜也是这次由汤若望、邓玉函等人随身带来的。[③]

---

① 艾儒略:《大西利先生行迹》，新会陈垣，1919年铅印本，8页。艾氏本人即是耶稣会应利氏之请，于1609年同另两位会士同时遣往中国的，但他们三人也均非天算家。





② M. D'Elia, *Galileo in China*, pp. 5～7, pp. 20～23, Harvard University Press, 1960.

③ 关于望远镜最早出现在中国的时间，有人据明末郑仲夔《耳新》(完成于1634年)所载"番僧利玛窦有千里镜，能烛见千里之外，如在目前。以视天上星体极大，以视月其大不可纪，以视天河则众星簇聚，不复如常时所见。又能照数百步蝇头字，朗朗可诵。玛窦死，其徒某道人挟以游，南州好事者皆得见之"条断定，望远镜早在1600年之前已经传入中国。关键理由是:利玛窦入华之初作和尚装，1595年已改儒服，《耳新》所说的"番僧"是其在华的早期形象。此说难以让人信服，因为，利氏一行在1595年之后虽已改装，但中国人仍以僧人称之者非只一人。如李绍文《云间杂志》卷二:"西僧利玛窦作自鸣钟……余于金陵王太隐(即教士王肃丰)处亲见……利师同事之人郭仰风(即教士郭居静)驻上海，余亦曾谒之。"王肃丰传教南京的时间是1604—1616年，郭居静居上海则在1608—1611年，故郑氏所记乃此间之事，但仍以"西僧"称利玛窦。另谢肇《五杂俎》(作于1611年之后)亦称利氏为"西僧王"。或谓:即便利氏得到望远镜是在其去世的1610年，那也说明望远镜首见于中国非由汤若望等开始。王夫之《思问录·俟解》中所谓"玛窦身处大地之中，目力亦与人同，乃倚一远镜之技，死算大地为九万里……"的说法似可作为旁证。但正如方豪所论，明清之际，利玛窦已成为入华传教士的化身，许多由传教士带入中国的西方器物及知识均被归在他的名下，这在当时是十分常见的现象。见《伽利略生前望远镜传入中国、朝鲜、日本史略》。载《方豪文录》，292页，北平上智编译馆，1948。



第三节 西学东渐的客观条件与不利因素

一、传教士方面——欲传秘法的愿望与主客观条件的限制

耶稣会士既把参与改历作为自己的一个努力方向，则自然面临着这样一个事实：要想顺利达成这一目的，并在改历中取得优先地位，就必须保证自己在历法推算及交食预报方面比所有中国现有历法更加精确，因为在当时，精度是中国皇帝判别历法优劣最重要的标准之一。否则，即便侥幸跻身改历行列，一旦发生差误，则不仅要像中国官员那样受到皇帝的处罚并被淘汰，而且还会使自己一向自诩的天算大家的形象受到损害，给自己带来不好的声誉，以至失去已经获得的一部分人心。他们之所以一再写信要求总会派遣本会天算家来华，原因之一就是"为了不致因发生差误而失去中国人的信任"。而在对所介绍的西方天算知识进行筛选时，他们也把计算的准确性作为选择标准，并放到了首位。

尽管在开普勒《鲁道夫天文表》问世之前，第谷理论号为最精，但入华耶稣会士对之仍不感到满意。邓玉函来华后的第二年即在致其朋友法布尔(Faber)的信中写道："第谷之法虽有所长，但有时也差至一刻钟。"他误认为，伽利略也在进行数学天文学方面的工作，并相信他能够提出比第谷理论更好的交食计算方法，因此在长达六七年的时间里多次写信要求法布尔帮他从伽利略那里索取有关成果。当伽利略最后回答法布尔自己在这方面没有做任何工作时，他又转向开普勒求援。[①] 他的努力表明，在精确理论的选取上，耶稣会士的确花过一番心血。

然而，耶稣会士向中国传播欧洲天算知识的活动也受到了一些主、客观条件的限制，结果造成整个传播过程在及时性、全面性和客观性等方面的严重不足。这些限制主要表现在以下几方面：

1. 中西交通的极其不便

由于当时欧洲天文学发展十分迅速，所以能否及时将一些最新成果介绍到中国便直接影响到中国天文学相对于欧洲的发展水平。然而，由于交通通信的极端不便，这种及时性介绍受到了很大的制约。伽利略望远镜天文新发现传入中国的速度可谓很快，但仍然滞后了四五年。邓玉函1623年向开普勒求助的信直到1627年底才转到开普勒本人的手中。尽管开普勒很快写了一封极其热情的回信，并附寄了刚刚出版的《鲁道夫天文表》的前两部分，但这些材料看来并未被在北京的教

① M. D'Elia, *Galileo in China*, pp. 28～30, Hanwrd University Press, 1960.

士们及时收到，没能被《崇祯历书》参考(《崇祯历书·五纬历指》卷四有言："格白尔(即开普勒)续著为《火星行图》一部，分五卷七十二章，定其经纬高低之行。但穷其理，未有成表。"如果已经收到《鲁道夫天文表》并加以参考，则不会作如是说)。到18世纪，在华耶稣会士同欧洲的书信往来所需的时间平均也在两年左右。

2. 充当传播媒介的耶稣会士人数太少

在明清之际，耶稣会是沟通中西科技文化的惟一渠道。由于入华会士人数有限，所以这条渠道原本就十分狭窄。又由于耶稣会来华的主要目的是传教，因此不可能把主要人力投入到包括天文学在内的西方科技知识的介绍上，只能让少数人专门负责这些事务。从利玛窦时代开始，他们就想在人力分配上形成这样一种格局："让两三位教士在北京专门从事这些科学工作(主要指天文历法工作)，而其余教士则可在中国的其他地区从容不迫地为上帝服务。"[①]在清初对传教活动加以严格限制之前，在华教士基本就是按这种格局分配人力的。这样就使原本十分狭窄的渠道变得更加狭小，以致成为一股涓涓细流了。结果，即便有些最新成果已为其所知并被认为是应作介绍的，他们也无力马上从事译介。例如，徐光启在主持《崇祯历书》编纂时曾提到："法算即算术，暂用旧法亦足供事。更有超捷深奥者，宜待异日。"这里的"超捷深奥者"显然是指对数，说"宜待异日"，人力不足看来也是原因之一。到清初实行"节取其技能而禁传其学术(指天主教)"的政策后，入华耶稣会士的主要注意力又开始转向自己感兴趣的学术研究之中，北京的钦天监俨然成了巴黎科学院等欧洲科学机构在中国的一个分部，其中的耶稣会士主要热衷于向欧洲提供自己的研究报告，因此，也没有把主要精力放在欧洲科学的译介上。

3. 耶稣会天文学家在天文学革命中的保守立场

耶稣会士在华活动时期正当欧洲天文学革命阶段，旧的天文学体系虽然受到了越来越多的挑战，但却在相当一部分天文学家中顽强地生存着。新的天文学系统虽然在不断成长，但许多新学说在出现后由于缺乏事实与实验的证明，或者同流行的思想观念存在矛盾，往往经过几年、几十年甚至一二百年才能得到证实从而得到天文学家的广泛承认，有些学说还同宗教问题密切相关。在这种背景下，几乎所有有影响的耶稣会天文学家在对待新学说，尤其是在与宗教相关的宇宙模型的问题上均抱着保守态度。由于这些人在耶稣会内部甚至整个欧洲天文学界都具有一定的声望，再加上耶稣会本身是一个组织纪律性极强、思想控制极严的宗教集团，所以，他们的态度也极大地左右了入华教士的思想，使之在对宇宙模型的采纳和介绍上也采取了一种较为保守的立场。

---

① M. D'Elia, *Galileo in China*, p:22, Harvard University Press, 1960.



从一些有代表性的耶稣会天文学家的著作来看,从利玛窦来华到哥白尼学说在欧洲取得决定性胜利的18世纪中期,耶稣会天文学家在宇宙模型问题上共经历了几个阶段:在1612年之前主要支持亚里士多德和托勒密模型;1612—1665年普遍采纳了第谷体系;1665年起开始在地心体系中采用椭圆轨道理论,直至最后接受哥白尼学说。

第一个阶段的代表人物是利玛窦在罗马学院时的数学和天文学导师克拉维斯。他是1582年主持教廷历法改革的主要角色,在当时的欧洲天文学和数学界享有很高的声誉,更是耶稣会在天文及数学等学科中的领袖。1581年,他在其《〈天球论〉注释》一书中公开指责哥白尼"日心地动说"既违背了物理学原则,又同《圣经》的大量条文相冲突,认为这一学说是令人不能接受的。在这部著作里,他所采纳的还是地心地静的同心球宇宙体系。①

第二个时期是由伽利略望远镜天文新发现所带来的,在这些发现受到许多人怀疑的情况下,克拉维斯在罗马学院进行了验证观测,并向教廷证实了伽利略发现的真实性。同时他也指出,这些发现"已使天文学家们意识到,天球究竟应该如何排列才能'拯救'这些现象"②。但是,他并没有公开承认伽利略所坚持的哥白尼式的排列是正确的,而且还没有来得及明确表明天球的排列应做何种调整便离开了人世。而随后的耶稣会著名天文学家所采纳的主要都是第谷体系,其中的代表人物是沙依纳和里奇奥利。克拉维斯去世后,他们相继成为耶稣会在天文学上的领袖。

沙依纳是与伽利略几乎是同时开始望远镜天文观测的,并以此而知名。当耶稣会在欧洲招集志愿前往中国的会内天算家时,他曾经前去应召。但总会长没有批准他的要求,而是命令他留在欧洲,为本会培养天算家,以适应海外传教的需要。在从事这项工作的过程中,他曾经组织手下的学生就当时天文学领域中的一些热点问题进行过公开的辩论。作为望远镜天文学的创始人之一,他承认望远镜用于天文观测的可靠性,也同意金星绕日的结论。但是,他只同意以第谷体系来解释这些天象,对"日心地动说"表示了坚决的反对。③



比沙依纳稍后成名的里奇奥利从一开始就站在伽利略及其学生的对立面上,1633年之后又成为"日心地动说"最强劲的反对者,试图从一切可能的方面对这一学说进行批判和否定。④ 1651年,他发表了一部名为《新至大论》(*Almagestum*

① H. L. L. Busard, Clavius, *Dictoinary of Scientific Biography*, Vol. 3, p:311, Scribners, 1970.

② M. D'Elia, *Galileo in China*, p:52, Halvard University Press, 1960.

③ W. R. Shea, Scheiner, *Dictoinary of Scientific Biography*. Vol. 12, p:152, Scribners, 1970.

④ L. Campedelli, Riccioli, *Dictoinary of Scientific Biography*. Vol. 11, p:411, Scribners, 1970.

Novum Astronomiam Veterrem Novomque)的数学天文学著作。书中采纳了第谷体系,并对开普勒行星运动理论提出了批判。从这部书的书名可以看出,在他的心目中,这部著作将是一部取代《至大论》统治天文学的权威著作。

不过,里奇奥利并不能完全无视同时代天文学的巨大发展,尤其是越来越为天文学家所公认的开普勒理论的精确性。所以,到 1665 年他又发表了一部名为《天文学改革》(*Astronomiae Reformatae*)的著作,在坚持"地心说"的前提下正式采用了以椭圆轨道理论为基础所计算的天文表,从而标志着第三个阶段的开始。

与这三个阶段相对应,入华耶稣会士在宇宙体系问题上也同样经历了三个类似的时期:汤若望等人来华之前为第一个时期,汤若望等人来华直到清初《历象考成后编》修竣时为第二个时期,此后直到蒋友仁在《地球图说》中公开以肯定的口气介绍"日心地动说"为止为第三个时期。

在第一个时期里,克拉维斯的《〈天球论〉注释》是在华耶稣会士手头仅有的几部欧洲天文学著作之一,并且是利玛窦同李之藻合译的《乾坤体义》的蓝本。通过这部著作,利玛窦等人完全可以了解到哥白尼"日心地动说"的主要精神,因为书中在批判这一学说时提到了其主要观点。然而,他们对中国学者从未提及这一学说,并且采纳的都是地心地静的同心球体系。

在汤若望等人来华之前,欧洲的耶稣会天文学家刚刚完成了从亚里士多德及托勒密宇宙体系向第谷体系的转变。所以,在由这批人所代表的第二个时期内,入华耶稣会士也完成了同样的转变。他们不仅在《远镜说》等书中以第谷体系解释了望远镜天文新发现,而且以这一体系为基础完成了《崇祯历书》的编纂。尽管这部历书从《天体运行论》里借鉴了许多内容,哥白尼在其中也被作为一位天文大家介绍给了中国读者,但对"日心说"仍一字未提,对"地球自转说"也给予了否定和批判。

由于《崇祯历书》中的天文学理论在清初长期处于"钦定"地位,再加上在天象推算方面一直没有显露出大的差错,所以使第三个时期的到来落后于欧洲耶稣会几十年。直到清雍正八年日食推算有所偏差,才由戴进贤等人在"地心说"的前提下采纳开普勒的前两条定律,编成了《历象考成后编》。

这三个时期的相继出现表明,入华耶稣会士在思想上的确是在同欧洲的本会天文学家保持同步。结果,即便是有人在内心对"日心地动说"表示同情,在公开出版物中也不敢表露。例如,清初黄百家在为其父黄宗羲《宋儒学案・横渠学案》作注时曾十分全面地叙述了"日心地动说",说明在蒋友仁《地球图说》出现之前,已有人把"日心地动说"私下完整地传入了中国。但是在明清之际耶稣会士出版的中文著作里,却找不到这样的文字。



这种与本会天文学家在思想上保持一致的做法使入华教士在天文学上表现出了这样的倾向：即在数学天文学上力求理论的精确，而在天文学思想上则显得比较保守。

二、中国方面——推崇与拒斥的对立

由于一些特定的历史原因，耶稣会士传入的天文历算之学在倾心西学的中国人中引起了特别的兴趣。如果说这种兴趣一开始主要来自一种好奇心、一种时尚或者一种对耶稣会士天算才能的钦佩，那么，随着对这种天算学了解的加深，倾心西学者对其优点的认识也变得越来越具体，越来越明确了。在这部分学者中，李之藻的观点最具有代表性。在他眼里，西士所传的天算之学不仅在交食推算方面具有超出中国各家历法的精度，而且还有中国"前此天文历志诸书皆未论及，或有依稀揣度，颇与相近，但亦初无一定之见"的丰富内容。对此，他具体总结为 14 个方面[①]。

(1)认为天球和地球都是球体，都可用 360°加以量度。地球直径可通过适当的方法进行测量，在测量天体位置时考虑地平视差影响。

(2)指出从南到北，各地北极出地高度各不相同，赤道的天顶距亦各别，这是造成各地气候差异的主要原因。

(3)以各地所见的黄道有"高低斜直之异"解释各地昼夜长短的不同和表影变化。

(4)认为日月五星分别处在不同的同心天球之上，各层天球的周径可以依法推算。

(5)以恒星天球 27000 年一周的运动解释岁差的成因。

(6)用本轮加均轮等模型描述五星视运动的变化规律。

(7)指出古今岁差并不恒定，并用东西岁差和南北岁差天球解释这种微小变化的产生机制。

(8)以偏心圆模型解释太阳视运动的变化规律，以远地点和近地点作为其视运动速度的变化之限。

(9)以本轮一均轮模型解释月球运动，不仅揭示了其运动速度的变化规律，而且指出了其运行距离的远近变化，并在交食计算中加以考虑。

(10)在计算食分时考虑地平高度和地理纬度等因素的影响。

(11)在交食计算中引入了明确的东西时差的概念。



① 李之藻：《请译西洋历法诸书疏》。见《春明梦余录》卷五十八，光绪七年刻本。

(12)在日食计算中对交食和合朔做了明确的区分，并按合朔距正午时间的远近进行视差修正。

(13)交食发生时日月所在的宫次不仅可以用“捷法定理”计算，而且可用仪器直接测量。

(14)在节气方面使用能够反映太阳运动真实情况的真气，而不用平气。

除此之外，西方天算学在三方面也深受李之藻的推崇：第一，在讨论天体运动时均以严格的几何运动模型为基础，因而“不徒能论其度数而已，又能论其所以然之理”；第二，“彼国不以天文历学为禁，五千年来通国之俊曹聚而讲究之。窥测即核，研究亦审”；第三，“其所制窥天窥日之器，种种精绝，即郭守敬诸人而在，未或策其皮肤”。

李之藻的这些观点虽然并非全部正确，但却反映了当时倾心西学者对西方天算学的推崇之情。在这些学者看来，西方天算学与中国传统历法相比无疑具有绝对优势，因此极力拥护对它的引进和吸收。他们的意见在当时造成了较大的声势，成为促进西方天算学走进官方天文机构的重要因素。然而，由于以下几个方面的原因，西方天文历算之学又遭到了另外一些中国学者的拒斥。

1. 仇教思潮的兴起

自利玛窦等人获准留居北京之后，耶稣会在中国的传教事业得到了十分迅速的发展，除南北直隶省已成为其活动中心外，“其他省会各郡”也几乎“在在有之”。在所到之处，教士们不仅设立教堂、广招信徒，而且定期举行各种宗教仪式。对刚刚经历过白莲教之乱的一些明朝官员来说，这一点自然会引起警觉和反感。更有甚者，传教士们在传教中还对佛道二教大肆攻击，禁止信徒供奉祖先，结果也招致了许多中国人的愤恨。再加上明朝盛行的排外情绪以及对外族，尤其是对葡萄牙等欧洲人的戒备心理，终于酿成了仇教思潮的兴起，并导致了两次大规模的公开反教运动。一次是万历四十四年(1615)南礼部尚书沈漼所发动的“南京教案”，一次是崇祯八年至十二年(1635—1639)一批中国学者对天主教和传教士所发动的一场文字围攻。

由于当时传教士主要以精通天算之学而自诩，倾心西学者也多以西法精密、有助改历而推举教士，西方天算学已成为天主教和传教士在中国的一道最重要的防护屏，所以对仇教者来说，为了达到彻底批倒传教士、杜绝天主教在中国流传的目的，就必须把这道防护屏彻底击破。正因如此，在前后两次反教运动中，仇教者都把矛头直接指向传教士在中国的天文历法活动及其所宣传的西方天算知识。例如，在“南京教案”中，沈漼等人就曾指控传教士的天文活动是公然违背私习天文的禁令，指责其所宣传的天文学知识中多有“诞妄不经”之论，认为“彼之妖妄怪诞，所当深恶痛绝者正



在此也”。此外，他们还声称，西法不仅“立法不同，推步未必相合”，而且，“即所私创浑天仪、自鸣钟之类，俱怪诞不准于绳，迂阔无当于用”，根本不能“据以纷更祖宗钦定、圣贤世守之大统历法”[①]。而在崇祯八年到十二年的文字围攻中，也有许多人撰文批驳西方天文历算知识，反对在历法改革中引进和吸收西法。

沈漼和发动文字围攻的人都非天文学家，本身的天文学造诣也很差。他们批判西方天算学知识的目的不在于天文历法本身，而在于破除人们对西法的推崇心理，并从天文历法方面罗织传教士的罪名，以至连传教士帮助翻译《几何原本》也被说成是“笑天地间无几何尔”[②]。在明末导致人们拒斥西方天算学的诸多因素中，这种反教情绪恐怕是最主要的原因之一。

2. 西方天文学说与中国传统意识形态的抵触

在“天人合一”思想的影响下，中国古代天文历法体系与封建意识形态之间产生了一种十分密切的相互联系，形成了一套特殊的知识系统。而传教士所介绍的西方天文历法知识中却有许多与这套知识系统存在着矛盾之处，因而受到一些中国人的怀疑和反对，其中受攻击最多的是他们所介绍的西方宇宙模型。在“南京教案”中，沈漼对西方天算学的批判主要集中在这个问题上。他指出：“从来治历，必本于言天，言天者必有定体。《尧典》敬授人时，始于寅宾寅饯，以日为记。如日中星鸟、日永星火；宵中星虚、日短星昴。盖日者天之经也，而日月五星同在一天之中……《舜典》‘在璇玑玉衡，以齐七政’，解之者以天体之运有恒，而七政运行于天，有迟有速，有顺有逆，犹人君之有政事也。未闻有七政而可各自为一天者。今彼夷立说乃曰七政行度不同，各自为一重天，又曰七政诸天之中心各与地心不同处所，其为诞妄不经，惑世诬民甚矣。《传》曰：‘日者阳之宗，人君之表。’是故天无二日，亦象天下之奉一君也。惟月配日则象于后；垣宿经纬，以象百官；九野众星，以象八方民庶。今特为之说曰：日月五星各居一天，是举尧舜以来中国相传纲纪之最大者而欲变乱之。此为奉若天道乎？抑亦妄干天道乎？以此名曰慕义而来，此为归顺王化手？抑亦暗伤王化乎？”[③]



到崇祯八年以后，浙江学者许大受也在其讨伐传教士的文章中提出了类似观点：“言星宫天高于日月天，五星二十八宿之体并大于日月，且无论‘王省惟岁’、‘庶民惟星’之圣经断乎不可改易。凡有目者皆见日月之大，而彼偏小之；皆见三光共系一天，而彼偏多之。小日是小王，多天是多帝也。彼岂以是寓玩中国之谶欤？”[④]

---

① 许大受：《明朝破邪集》，卷一。

② 许大受：《圣朝佐辟》。见《明朝破邪集》卷四。

③ 沈漼：《参远夷疏》。见《明朝破邪集》卷一，清安正乙卯冬刻本。

④ 许大受：《圣朝佐辟》。见《明朝破邪集》卷四，清安正乙卯冬刻本。

武安学者林履夫也指出："《书》曰：'王省惟岁，卯士惟月，师尹惟日，庶民惟星。'是所以别上下，定尊贵。天道无乖则人事顺应，使凡有气血者得尊尊而亲亲也。彼又谓星高于日月，五星二十八宿形体大于日月……若从彼历，是使藏时失序，上下倒置，庶民得以凌驾乎卿士师尹之上，卿士师尹得以凌驾乎主君之上也明矣。"[①]

除此之外，传教士认为日食不必救护的观点以及西历中不设闰月的做法也受到了类似的指责，因为按中国传统观念，"不救晦蚀则有先后时杀无赦之戒，不置闰则有时渐不定，岁渐不成之虞"。[②] 另外，当时传教士尚未将西方星占知识介绍进来，这一点竟然也被一些人搜罗为西历有违儒家正统意识形态的罪状："倘谓其天文尚可用，则不主休咎，已明绝吾儒恐惧修省之一脉。"[③]

3."用夷变夏"之防

在中国，历法自古与皇权有着十分密切的联系。颁历被视为君临天下的标志，奉王正朔则被当做服膺称臣的象征。因此，引进一种被视为夷狄之类的异族的天文历法势必会引起所谓"用夷变夏"的担心。这实际上包括两方面的问题：首先，对明朝廷来说，这意味着要奉夷邦之正朔，有辱天朝大国的威仪；其次，对传教士而言，在传教的同时如此费尽心机地从事天文历法工作，并试图参加中国改历活动，在某些人看来，其中间大有觊觎神器之意。前一方面的问题早在"南京教案"中实际已经被反教者提出，当时的"捉拿邪党后告示"中就有"今圣明正御，三光顺度，晦朔弦望不愆于月，分至启闭不愆于时，亦何故须更历法，而故以为狡夷地耶"[④]的说法。后一方面的问题则更为当时的反教者所关注，因为当时葡萄牙人掠吕宋诸国，占澳门、台湾、鸡隆、淡水等中国领土的事实在国内早已是众所周知。他们"分遣间谍，峨冠博带，闯入各省治地方……凡我山川厄塞去处，靡不图之于室，居恒指画某地兵民强弱、币藏多寡，洞如观火……时时炼兵器，积火药，适且鼓铸大铳无虚日"[⑤]的种种活动也有所传闻。而且，传说葡萄牙人取吕宋诸国"皆以天主之说摇惑而并之也"[⑥]。因此，一些反教者不仅指出，传教士入中国后"或掌星历，或进巨铳"，完全是为了"假此使得复开教于各省郡"[⑦]，以达到以教并国的目的。而且认为，"此辈擅入我大明，即欲改历法"，这本身就是想"变乱治统，觊图神器"。



正是为了防止这些"用夷变夏"的潜在危险，有人公开提出了"但患人之不华，

① 林履夫：《诛夷论略》。见《明朝破邪集》卷五，清安正乙卯冬刻本。
② 同上。
③ 周章：《〈明朝破邪集〉序》。见《明朝破邪集》卷三，清安正乙卯冬刻本。
④ 许大受：《明朝破邪集》，卷二，清安正乙卯冬刻本。
⑤ 许大受：《圣朝佐辟》。见《明朝破邪集》卷四，清安正乙卯冬刻本。
⑥ 黄廷师：《驱夷直言》。见《明朝破邪集》卷四，清安正乙卯冬刻本。
⑦ 林履夫：《诛夷论略》。见《明朝破邪集》卷五，清安正乙卯冬刻本。



华之为夷，不患历之不修，修之无人”[1]的口号，坚决抵制用教士依西法改历的做法。直到清初，这种夷夏之防的思想还是阻碍许多中国人接受西方天算学的重要原因。

4. 中西某些天文学概念的差异

由于中西天文历法是在不同的文化背景中发展起来的，所以在一些基本概念上就存在着重大差异。这种差异阻碍了明末许多中国学者，尤其是一些非专业天文学家对西方天文历法知识的理解，并成为他们拒绝西方天文历算之学的重要原因。

前面所列举的那些与中国传统意识形态相抵触的西方天文学概念同时也与中国传统天文学及一般科学观念不同。除此之外，西方的“大地球形说”也遭到了包括宋应星、王夫之等人在内的众多中国学者的反对。例如，宋应星就指出：“西人以地形为圆球，虚悬于中，凡物四面蚁附，且以玛八达作之人与中华足行相抵。天体受诬，又酷于宣夜与周髀矣。”[2]王夫之则认为，“地圆说”乃传教士凭空附会之论，而实际上“地之欹斜不齐，高下广衍无一定之形审矣”[3]。他们之所以排斥“地圆说”，重要原因之一恐怕就在于无法理解地球四面皆可居物不落，无法理解人何以能抵足而行。对此，传教士虽然以亚里士多德关于土、水等重元素本性趋向接近并静止于宇宙中心，火、气等轻元素趋向于远离宇宙中心的观点提出了解释，但对这种解释，许多中国人同样感到难以理解。例如，林履夫在批判“地圆说”时就曾把这种认为“本天亲上，本地亲下”的说法指责为“谬会其理，以欺愚顽”[4]。

有意思的是，连利玛窦在世界地图中把中国画在偏于西北的做法也令一些中国人难以接受，因为传统天文学一直都认为中国居于世界的中心。福建学者魏睿在一篇批驳利玛窦的文章中竟然也用了很大的篇幅，从古书中摘引了许多论据来对之进行批判，并认为传教士在诸如此类的天文及地理问题上多有“肆谈无忌”、“杜撰欺人”之论。[5]

以上四方面的原因表明，尽管在明末历争中精度在表面上是专业天文学家所公认的判断历法优劣的标准，但却不是决定人们对中西天文历算之学进行最终取舍的惟一因素，这是造成当时中西两大天文阵营相互对立的根本原因所在。

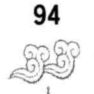
① 苏及寓：《邪毒实据》。见《明朝破邪集》卷三，清安正乙卯冬刻本。
② 宋应星：《谈天·说日一》。见《野议·论气·谈天·思怜诗》，101页，上海，上海人民出版社，1976。
③ 王夫之：《思问录外篇》。见《思问录·俟解》，63页，北京，中华书局，1956。
④ 林履夫：《诛夷论略》。见《明朝破邪集》，卷五，清安正乙卯冬刻本。
⑤ 魏睿：《利说荒唐惑世》。见《明朝破邪集》，卷三，清安正乙卯冬刻本。

第四节 《崇祯历书》的编纂

一、历局的设立与耶稣会士的入局

明崇祯年间，朝廷为改革历法授权徐光启成立了历局，允其邀请在华教士入局，采纳西法，促成了《崇祯历书》的编纂，实现了西方天文历算知识的首次系统引进。不过，这件事从酝酿到最后实施却经历了近30年的时间，其中颇多曲折。鉴于现有史书对这一段历史的叙述多有含糊与矛盾之处，故有必要对其加以较详细的叙述。

万历三十八年十一月朔(1610年12月15日)日食，钦天监推算又告失误。职方郎范守己上疏要求惩治监官，并认为，若差误果系历法本身所致，则宜加修订。[①]神宗命礼部处理此事，于是礼官建议："博求识历学者，令与监官昼夜推测，庶几历法靡差。"次年[②]钦天监五官正周子愚提出："大西洋归化远臣庞迪我、熊三拔等携有彼国历法，多中国典籍所未备者，乞视洪武中译西域历法例，取知历儒臣率同监官，将诸书尽译，以补典籍之缺。"[③]礼部侍郎翁正春等人也奏请"仿洪武初设回回历科之例，令迪我等同测验。"[④]同年十二月初五(1612年1月7日)[⑤]礼部正式上疏建议对钦天监进行整顿，并称："精通历法如(邢)云路、范守己为时所推，请改授京卿，共理历事。翰林院检讨徐光启、南京工部员外郎李之藻皆精心历理，可与(庞)迪我、(熊)三拔同译西法，俾云路等修改。"[⑥]并在改历的人选、财务预算及成绩考定等方面制订出了较为具体的方案。[⑦]



据《徐文定公行实》称："利子殁，教士留京未奉谕旨，公欲具疏而苦无所籍辞。会昨岁(万历三十八年)十一月朔，日有食之，台官推算失验，而庞子(庞迪我)等所测合若符节。公喜，以为机可乘矣，遂促礼部奏称……"而徐光启在万历四十年致亲家翁顾昌祚也说："昨岁偶以多言之故，谬用历法见推。初意亦知其难，第此三百

---

① Report of Father Sabatino De Ursis, S. J., to Father Francis Pasio, on the Chinese Calendar. M. D'Elia, *Galileo in China*. Harvard University Press, 1960.

② 《明史·历志》等未言明周氏提此建议的时间，但《明史·意大利亚传》所记均为"明年"，即万历三十九年。

③ 张廷玉等撰：《明史·历志·志第七》。

④ 《明史·意大利亚传》。

⑤ (明)谈迁：《国榷》，(台湾)鼎文书局，1978年影印本。《明史·历志》亦未说明上疏的时间，故人多以为此疏乃万历三十八年所上。

⑥ 《神宗实录》，卷四九〇，见《明实录》，第六十二册，(台湾)中央研究院历史语言研究所校印，1962。

⑦ 崇祯二年礼部所上《为奉旨修改历开列事宜乞裁疏》。

年以来，无人讲究，如偶有所见，而复尔推诿，似非古人进不隐贤之义，是故有相谘问者，不敢不竭尽底里。”[1]可见，此次历议徐氏确曾参与酝酿，不过其动机未必如《行实》所言。因为利氏死后，已由皇帝恩准礼部赐地收葬，且依址赐房 38 间，作为在京教士“恭敬天主，焚修祝厘之所”[2]，这实际已允其留京。徐氏此举的目的，第一当然是为进一步巩固传教士的在华地位，另一方面则是出于改历的动机。

然而，礼部的这道奏章并未得到批准，其原因据熊三拔称是由于其中“同时要求提升他们建议主持改历的两位大臣。尽管他们有理由被提升，而且五六年来一直企盼着皇帝能准其进入钦天监，但皇上却一直不愿这样”[3]（其中的两位大臣当指邢云路、范守己）。此说看来颇有根据，而且，关键问题可能出在邢云路身上。因为徐光启在当年的一封家书里也提到“此事于我没要紧，邢泽宇（即云路）有加京官一节，想主上所吝在此。邢今甚急，在此求催，不知究竟如何。”[4]而据沈德符《野获篇·历法·日食讹谬》记载，当时礼部疏中的确有让邢范二人“照先朝给事中乐頀、华湘改光禄少卿，提督钦天监”的说法。让邢云路提举钦天监的事早在万历二十四年即已由礼部尚书范谦提出，神宗对此何以“一直不想批准”，必定另有隐情，它从一个侧面反映了当时改历活动的错综复杂。

万历三十八至四十年的这次参用西法改历的建议虽告流产[5]，但毕竟已把此事提上了议事日程。为了达到这一目标，一些倾心西学、热心历法改革的朝臣从此更加明确地向皇帝反复陈述自己的主张，为最终开局翻译铺平了道路。

万历四十年四月，钦天监预报月食失误，礼部又申前请。[6] 李之藻不久也上《请译西洋历法诸书疏》，备论西法之长及改历之必须，力荐庞迪我、熊三拔、龙华民和阳玛诺等四名教士，促神宗“敕下礼部，亟开馆局，征召原题明经通算之臣如某人等，首将陪臣庞迪我等所有历法，照依原文，译出成书”。两年后，“礼科给事中姚永济等以气景失推，请集人订历”时又再申此议[7]，可惜也无结果。



万历四十四年，“南京教案”事发，庞迪我、熊三拔等教士被尽数押至澳门，准备遣送出境。由于神宗在颁发驱逐令时称：“远夷王肃丰等，立教惑众，蓄谋叵测……

---

① 王重民辑校:《徐光启集》，下册，319 页，上海，上海古籍出版社，1984。

② 艾儒略:《大西利先生行迹》，新会陈垣，1919 年铅印本，7 页。

③ Report of Father Sabatino De Ursis, S. J., to Father Francis Pasio, on the Chinesc Calendar; M. D'Elia, *Galileo in China*. Harvard University Press, 1960.

④ 王重民辑校:《徐光启集》，下册，308 页。

⑤ 《明史·历志》称:“未几云路、之藻皆召至京，参与历事，云路据其所学，之藻则以西法为宗。”此误，因为李之藻于万历三十九年初已回籍丁父优，三年后才辞墓赴京，而万历四十六年，钦天监监正周子愚还在疏请让邢云路“前来统理历法”，如邢云路已在京中改历，则不应有此说法。

⑥ 王重民辑校:《徐光启集》，下册，319 页。

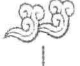
⑦ 《明史·意大利亚传》。

督令西归，以静地方。其庞迪我等，去岁尔等言晓知历法，请与各官推演七政，且皆系向化而来，亦令归还本国。”言语间大有对庞氏等人区别对待之意。因此，两年后，庞、熊等人便具疏乞允归京。同年，已任钦天监监副的周子愚也小心翼翼地奏请让“年已七十”的邢云路“前来统理历法，并与本部前疏所举通晓（历法）数员，一同考察改正，以定一代巨典”①。其中“前疏所举”之人必定是暗指徐光启、李之藻、庞迪我及熊三拔等人。周、庞之疏显系呼应之作，但当时仇教言论正炽，故均未获准，庞、熊等人最终只能老死澳门。

万历四十八年神宗晏驾，教案余波亦渐趋平息。吏部听选监生王应遴因交食预报多桀，疏请修改“大统历”。② 天启元年，邢云路推算日食失误，加之年迈，终于退出改历的舞台。于是，钦天监监正周子愚在上疏改历时遂再提翻译西洋历法之事，指出：“西洋人最习历理，深心推测，久而愈精，故其所著书籍甚多，所制测验仪器甚巧。近见阳玛诺等，因昔年礼部有修历之请，遂悉取彼中历书历器，以备于此。既然有其人、有其书，职等当面而失之，殊为可惜。乞择精西洋历学之人与阳玛诺等翻译其书，垂之永久。”③然而，此时明朝外有辽东燃眉之边患，内有朝野日炽之党争，故周氏之疏虽很快由皇帝批转礼部，但却一直无暇实施。

不过，此时耶稣会士已经恢复了在中国内地的活动，“奉修历之命而来的邓玉函、汤若望等人已于天启初年潜入北京，继续为实现参与改历的计划而努力。在学习华语的同时，汤若望先后预报了天启三、四等年（1623 年、1624 年）的月食，并写了一部论述交食的小书，由此在京城赢得了极高的声誉。”④就这样，他们在耐心等待着时机到来。⑤

崇祯二年五月初一（1629 年 6 月 21 日）日食，钦天监大统、回回二科预报均告失误，而徐光启依西法所推却“验之果合”。此时，徐光启已升任礼部左侍郎，掌管了礼部的实际行政工作。于是礼部上书，请依万历三十九年原议修改历法，并荐徐光启主持其事。崇祯二年七月二十六日，他正式领取了修改历法的敕书关防，在北京宣武门内的首善书院设立历局，并召李之藻以及龙华民、邓玉函两位教士入局。次年四月及九月，邓、李相继去世，徐光启又先后将罗雅谷、汤若望罗致入局。至



① 《神宗实录》，卷五七五，见《明实录》，第六十四册。

② 《光宗实录》，卷八，见《明实录》，第六十五册。

③ 《熙朝崇正集》。转引自王重民辑校：《徐光启集》，103 页，上海，上海人民出版社，1981。

④ Väth 著，杨丙辰译：《汤若望传》，100 页，上海，上海商务印书馆，1949。这部小册子分为上、下两册，疑为《测食略》二卷。该书后来被收入《西洋新法历书》之中，但历局历次进呈书目中并没有此书，故非汤氏在历局时所作。

⑤ 王征《远西奇器图说录最》称：“丙寅（天启六年）冬，余补铨如部，会龙精华（华民）、邓函璞（玉函）、汤道未（若望）三先生以候旨修历，寓旧邸中。”



此，参用西法以改历的计划终于得到了实施。

二、徐光启的改历方针

为了保证改历工作顺利开展，改历任务圆满完成，徐光启在历局工作开始后不久，便逐次提出了改历工作的大政方针，明确了历局工作的具体方向和应遵循的基本原则。徐氏的改历方针大体围绕以下五方面的问题提出。

1. 需修正的问题及修改的途径

在正式开局后的第一篇奏章中，徐光启即开列了历法中"目前切要"的十个有待修正的问题("历法修正十事")，包括岁差、岁实、日月五星的实行与视行、黄赤交角、日月去交度与似会真会、周天经度以及地球经纬度等的重新测定、推算。针对这十方面的问题，徐氏指出，在改历过程中除了详加实测，求合于天外，还要做到"每遇一差，必须寻其所以差之故；每用一法必论其所以不差之故。上推远古，下推将来，必期一一无爽。日月交食、五星凌犯，必期事事密合。又须究原极本，著为明白简易之说，使一览了然。百年之后，人人可以从事，遇有少差，因可随时随事，依法修改"。[①] 他认为，要达到这个目的就必须参用西法，因为在他眼里，西法对于天文问题均能"一一从其所以然处，指示确然不易之理"。[②] "且又近今十年所定，其青于蓝，寒于水者十倍前人。又皆随地异测，随时异用，故可为目前必验之法，又可为二三百年不易之法"[③]，正能满足上述要求。基于这种思想，徐光启提出，应把西法著作的翻译作为改历的第一步，然后会通中西，制定出一部超胜前代的新历法，以达到改历的目的。

2. 历书的框架及编制次序

历局的工作目标，就是要针对现行历法中所存在的问题，采纳西方的基本理论和方法，参照大统历的某些形式特征，编制出一套新历。鉴于这项工作"义理奥赜，法数殷繁"，"述序既多"，"事绪尤纷"，徐光启指出，编历过程中一切翻译撰述都必须"区分类别，以次属焉"。为此，他对历书的总体框架进行了设计，将其中将要包括的内容划分为"节次六目"和"基本五目"两个经纬相错的方面。

所谓"节次六目"，就是将历书中关于日月五星和恒星的理论与推步方法分成日躔历、恒星历、月离历、日月交会历、五纬星历及五纬交会历六个层次。而"基本五目"则是整部历书所应具备的五个部分，包括法原、法数、法器、法算及会通等。其中，法原指基本天文理论与天体测量原理，是立法之原；法数指各种天文表，还包括用表计

① 徐光启：《条议历法修正岁差疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，333 页。

② 徐光启：《修改历法请访用汤若望疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，334 页。

③ 徐光启：《历书总目表》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，374 页。

算的方法说明;法器指天文仪器;法算指数学方法,主要是平面几何与三角学;会通则指中西各种天文计算单位的换算方法。徐光启指出,编历工作应依此为圭臬:"有六节次,循序渐作。以前开后,以后承前。不能兼并,亦难凌越。五基本,则梓匠之规矩,渔猎之筌蹄,虽则浩繁,亦须随时并作,以周事用。"[①]由于徐氏认为,中国传统历法的缺陷即在于不言其所以然之理,而想求得历法的事事密合、差即能改又必须深言立法之原,所以,他十分强调法原部分的必不可少,并决定在历书中将较多的篇幅用于这个方面。针对钦天监某些官员见历书由此而"著述稍繁"而表现出的"畏难之意",他上书强调,"理不明不能立法,义不辩不能著数";"明理辩议"虽"推究颇难",但"法立数著"便"循用甚易"了;而且,在"明理辩义"之后,不仅能使"今日能者从之",而且还能使后人"据为修改地耳",以此作为进一步修改的基础。[②]

3. 西法的地位

历局既开,采纳西法已成定局。但西法在改历中究竟处于何种地位,中西二法的关系如何处理,这些问题还必须细加推究。事实上,在万历三十八年以后的历次历议中,支持采纳西法的朝臣在这个问题上的观点并非完全一致,共出现过四种不同意见。

第一种意见是令中西二法分曹而治,且以中法为主,西法为辅。礼部万历三十九年的疏稿中说让徐、李诸人会同教士翻译西书,"俾邢云路等修改",就是这个意思。

第二种意见是令中西二法分曹而治,但地位平等,互尽所长。据熊三拔记载,徐光启在万历三十九年前后便是这种态度。他写道:"然而,我应该补充一点,保禄(及光启)博士的想法并非是用我们的方法去修订他们的历表,而是要保持我们方法的独立性,使我们拥有回回天文学家同等的地位。"[③]当时,礼部侍郎翁正春等人奏请"仿洪武初设回回历科之例,令迪我等同测",实际也持此议。



第三种意见的代表人物是李之藻,他主张"首将陪臣迪我等所有之书照依原文,译出成书,进呈御览。责令畴人弟子习学,依法测验,如果与天相合,即可垂久行用,不必更端改历,以滋烦费。或与旧法各有所长,亦宜责成诸臣细心斟酌,务使各尽所长,以成一代不刊之《灵宪》,毋使仍前差谬,贻讥后世"。[④]

第四种意见是周子愚最早提出的,主张"欲得参用,务令会通归一"。[⑤]

---

① 徐光启:《历书总目表》,见王重民辑校:《徐光启集》,下册,375~376页。

② 徐光启:《测候月食奉旨回奏疏》,见王重民辑校:《徐光启集》,下册,334页。

③ Report of Father Sabatino De Ursis, S. J., to Father Francis Pasio, on the Chinese Calendar; M. D'Elia, *Galileo in China*, p:79, Harvard University Press, 1960.

④ 李之藻:《请译西洋历法诸书疏》,见《春明梦余录》。

⑤ 徐光启:《礼部为奉旨修改历法开列事宜疏》,见王重民辑校:《徐光启集》,下册,327~328页。



在这四种意见中，周子愚的意见最受徐光启重视。正是在周氏说法的基础上他提出了“欲求超胜，必须会通”的观点，并对会通过程中中西二法各所充当的角色做出了具体规定，即“熔彼方之材质，入大统之型模”。所谓“彼方之材质”即指西方的基本理论与方法，而“大统之型模”则指大统历所代表的中国传统历法在结构形式、基本制度等方面的特征。用徐氏自己的话来说，就是“以彼条款，就我名义。”① “譬如作室者，规范尺寸一一如前，而木石瓦甓悉皆精好。”②

徐氏提出上述方针的目的十分清楚：首先，按此方针既可使明显优于中法的西法得到采纳，又可以保持中国历法的某些形式特征，以与中国的具体实情相适应；其次，通过这样的会通，西法在名义上已成为“新法”的组成部分（徐光启在治历过程中大多称历局所用历法为新法，而非称之为西法，其用心看来就在于此。）这样，可使西法免蹈回回历与大统历长期分曹而治，不能成为官方正式历法的覆辙。所以，徐氏曾特别指出：“万历四十等年有修历译书，分曹治事之议。夫使分曹各治，事毕而止。大统既不能自异于前，西法又未能必为我用，亦犹二百年来（回回、大统）分科推步而已。”③

4. 新法疏密的考校

在改历过程中，徐光启也清楚地意识到，新法修制之中及修成之后同旧法之间必定会有一场争斗，因此，必须为这场竞争制订一套公正的裁判规则，否则“历成之后，臣等之术无凭取验，诸臣在事，何以强其必信而安习之”呢？④ 为此，他在给皇帝的疏稿中提出了“一切立法定数，务求与天相合，又求与众目共见”的原则，认为历法亲疏的判断标准是视其是否与天象相符，能否接受众人观测的检验。不然，“未经目击，而以口舌争，以书数传，虽唇焦笔秃，无益也”。为了让皇帝接受这一判别原则，他还曾特地引用了有关明太祖朱元璋的一段掌故：“昔元统、李德芳争严历事，高皇帝曰‘二统皆难凭，只验七政行度、交会，无差者为是。’”⑤



历法的制定须取验于天，这是前代历家早已熟知的准则。徐光启在此旧调重弹，看似多余，其实不然。因为，在中国古代的许多历争中，对最后结果起关键作用的往往不是这种科学上的准则，而是某些人为的因素。徐光启之所以要对皇帝反复宣扬上述准则，无疑是为了让他在裁决过程中不受其他人为因素的干扰。而从后来历局所卷入的纷争来看，徐氏的这种用心的确并非多余。

---

① 徐光启：《历书总目表》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，334 页。

② 徐光启：《修改历法请访用汤若望疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，334 页。

③ 同本页①。

④ 徐光启：《日食分数非多略陈义据以待候验疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，387 页。

⑤ 徐光启：《因病再申前请已完大典疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，363 页。

5. 改历成果的推广

徐光启不仅重视历法本身的改革，而且还想以此为契机，在引进西方科技知识的基础上，从根本上提高中国天算学的一般水平，同时将其中所涉及的“度数之学”加以推广，促进中国科学的全面中兴。因此他提出，在“事竣历成，要求大备”之后，不能就此止步，而必须进一步做到“一义一法，必深严其所以然之故，从流溯源，因枝达杆”，以期达到“不止集星历之大成，兼能为万务之根本”的目的。所谓“集星历之大成”就是要做到“法意既明，明之者自能立法，传之其人，数百年后见有差离，推明其故，因而测天改宪”，使“今之法可更于后，后之人必胜于今”。而所谓“兼能为万务之根本”则是要将改历的成果加以推广，其具体目标亦即徐光启在开局之初所提出的所谓“度数旁通十事”——把改历中所取得的天文及数学方面的成果应用到气象预报、兴修水利、考证乐律、兵械城防、财务管理、建筑设计、地理测绘、医疗诊断以及时间计量等十个方面[①]，以利国计民生。这种度数旁通的思想最早是利玛窦在翻译《几何原本》时所宣扬的[②]，艾儒略对此亦有所宣传[③]，徐光启则想借改历之机加以实施。

三、新历书的诞生

历局正式开张后，全体人员即投入了紧张的工作。其间，明朝虽内忧外患，风雨飘摇，徐光启也曾因清人兵临北京城下离局练兵守城(崇祯二年十二月至次年八月)，局中成员甚至还曾有两年被停发薪俸(崇祯六至七年)，但翻译编历工作一直没有真正中断。

作为历局的首领，徐光启一直处于一种超负荷状态。不仅负责编历工作的组织、大政方针的制定，而且译书编纂、演算推证、制器观测，可谓事必亲躬。尤其是李之藻去世之后，更是独担“释义演文、讲究润色、校勘试验”诸事于一身。即便是崇祯五年奉旨入阁“参预机务”之后，也还于“归寓夜中，篝灯详译，理其大纲，订其繁节”。历局工作之所以能如期完成，与他的管理有方及勤勉忘我是分不开的。

徐氏于崇祯六年十一月去世后，李天经受其生前推荐，到局继任。李氏早年曾“与先臣邢云路讲究历理，颇闻其概要”。但对西法却不抱任何成见，以为应“忘畛域而相互参究”。[④] 故接任后不但按徐光启原来的规划组织完成了历书最后几部分的编修，而且在以后与守旧派的辩论中坚定地站在新法的立场上，毫不让步，成为力倡新法的中坚。

---

① 徐光启：《条议历法修正岁差疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，337 页。

② 利玛窦：《译〈几何原本〉引》。利玛窦谓几何学包括度数、量法、音律、天算四家，四家又别为百派，涉及国计民生的各个方面。

③ 艾儒略：《西学凡》。

④ 李天经：《遵旨任事谨陈题荐始末以祈圣鉴疏》。《新法算书》，卷三，“缘起”三。



历局在西方天文学著作的选取及翻译等方面主要仰仗于局中的传教士，因此他们在编历工作中占有极其重要的地位。尤其是汤若望、罗雅谷二人，历书主体部分（“节次六日”等）的内容主要是由他们在中国学者的帮助下翻译编纂的。徐光启称他们“撰译书表、制造仪器，算测交食躔度、讲教监局官生，数年呕心沥血，几于颖秃唇焦”。此言并非虚妄。

除上述这些主要人物之外，在历局中长期工作的还有“贯通象纬、精究理度”，“思精推测、巧擅制器”的陈于阶、邬明著；“同心绩学、殚术承天”，“昼夜之测靡宁、寒暑之修葺可纪”的程廷瑞、孙嗣烈、孟履吉等十余人。另外，光禄寺录事王应遴、武英殿办事中书陈应登也积极参与其事，负责“督率官生，参订讹正”；武举魏邦纶也“测算明晓”、“堪备策使”。正像徐光启所言：“十狐之腋堪裘，众集之思成益。”历局的工作之所以大有成效，也离不开这些人的戮力同心。[①]

围绕着改历编历这个中心，历局在制器观象方面也做了大量的工作。先后制造了近十余种仪器，其中绝大多数为西式仪器，包括象限大仪（大型四分仪）、纪限大仪（大型六分仪）、铜弧矢仪、星晷（星盘之类）、浑天仪（一种类似于七政仪的演示仪器，只不过没有五星模型，只有日、月、地三者，外层装有各种天球基本圈，形似浑仪，可用于恒星时、真太阳时的测量）、地球仪、天球仪以及望远镜。可惜，除望远镜外，这些仪器大多为木质结构，仅包有金属边框，故至清初已毁坏殆尽，今天更是无法了解其具体型制。但汤若望《历法西传》称，其中的三架“半径仪”（应指纪限、象限或弧矢等仪）的半径“或一丈，或八尺”[②]。而从《测量全义・仪器图说・新仪器解》的记载来看，这几架仪器以及黄赤全仪上已采纳了360°制以及第谷所发明的对角线分度法，其读数精度可达1′甚至30″。[③]

历局先后向皇帝进呈过3架望远镜，其中一架是“罗雅谷、汤若望等从本国携来，而葺饰之以呈御览”[④]，另两架则是李天经“督同本局远臣汤若望、罗雅谷等，将本国携来玻璃，星夜如法制造”的[⑤]，即以现成镜片组装而成的。

借助于这些仪器，历局进行了大量的天文观测和天体测量。除前后几十次的交食观测之外，还对周天星官的位置进行了验证性测量，在此基础上编成了历书中

① 关于历局成员的工作情况，参见徐光启：《治历已有成模恳祈恩叙疏》（王重民辑校：《徐光启集》，下册，427页），及李天经：《书器告成叙禄宜加疏》（《新法算书》，卷四，“缘起”四）。

② 《新法算书》，卷九十八。

③ 《新法算书》，卷九十六。

④ 李大经：《制器告成恳敕验明用法并安置恭进御览疏》。《新法算书》，卷三，“缘起”三。

⑤ 李天经：《恭进仪器疏》。《新法算书》，卷四，“缘起”四。其中的“玻璃”实指镜片，因为李天经在《制器告成恳敕验明用法并安置恭进御览疏》（《新法算书》，卷三，“缘起”三）中即称望远镜“其制两端俱用玻璃”，也就是镜片。

的《恒星历表》。

除了制器观象，历局还承担了新法的人才培训工作。不仅该局的十多位一般工作人员均自称是罗雅谷、汤若望的“门人”[①]，在新法上达到了“俱娴推算”的水平，而且钦天监戈承科、周胤等近十位官员也奉命长期在局学习。另外，崇祯十一年六月至十二月，汤若望还曾奉旨为钦天监堂属各官讲授“新法交食、七政推测法数”。[②]

徐光启虽然在历书最终编竣前去世，但历书的编纂工作主要是按他的规划完成的。到李天经接任时，最初的工作只不过是写“辅臣（光启）已订而未上之书”，缮治“辅臣已题而待进之器”，督率“诸臣所讲解而未通之法”。[③] 到崇祯七年十二月为止，共完成各种书、表共计四十五种一百三十七卷，分五次抄呈御览。这些书、表原来只有各自的编名，并无统一书名。但明清之际的许多学者，如方以智等，均以《崇祯历书》称之，故有此名。

整套历书在明末虽已付梓[④]，但不知其对五次进呈的书表究竟有何分并增删，也不知是否已用统一的书名。入清后，汤若望、南怀仁曾数次对之重加修订，并多次公开刊行，先后使用过《西洋新法历书》、《新法历书》及《新法算书》等书名。这些编订本的内容均略有差异[⑤]，而且又较五次进呈书目增加了《测食略》、《远镜说》、《几何法要》（以上作于历局开始之前）、《浑天仪说》、《历法西传》（以上成书于五次进呈书表之后）、《新法历引》、《新历晓惑》、《新法表异》（以上成书于清初）等著作，以及《治历缘起》、《学历小辩》等治历期间的奏疏与辩论文章。但总的说来，清代这些版本中的核心内容，如日躔、月离、交食、恒星、五星等历指与历表，《测天约说》、《测量全义》、《比例规解》等著作，《八线表》、黄赤距度与升度等数表，基本上都是进呈书目中的内容。



第五节　中西天文学的第一次对垒

崇祯七年十二月初三，李天经向皇帝进呈了徐光启生前规划的最后一批历书。徐氏计划中的“节次六目”与“基本五目”均告就绪，可以说新历法已经修竣。然而，在此后明朝统治的近十年时间里，该历书却一直未得到正式采纳。直到崇祯十四

① 今存残本历书上可以见到这样的题款。见徐宗泽：《明清耶稣会士著述提要》，249页，北京，中华书局，1989。

② 李天经：《为报完传习行法并恭进乙卯年七政经纬新历以竣大典疏》。《新法算书》，卷七，“缘起”七。

③ 李天经：《遵旨任事谨陈题荐始末以祈圣鉴疏》。《新法算书》，卷三，“缘起”三。

④ 现存某些残本题有“明工部虞衡清吏郎中杨维一梓”字样，汤若望清顺治元年十月十五日奏疏中亦称，该书在明朝已“刻有小板，聊备教授后学并推算之用”。

⑤ 参见王重民：《善本书经眼录》；及丁福保、周云青：《四部总目·天文编》。



年才经皇帝批准，在钦天监另设新法一科，将新法附于“大统历”之后参照使用。尽管自崇祯三年以后，新法在历次与各家旧法的实测竞争中屡测屡密，旧法几乎每测皆疏，但明朝皇帝直到崇祯十六年八月间想最终采纳新法时还是不放心，仍令“朔望日月食，如新法得再密合，着即改为大统历通行天下”。然而，再得密合尚未见到，明朝政权便告覆灭，历局上下苦心编竣的新历也只好让清人坐享其成了。

造成这种结果的主要原因在于，修历开始之后不久，历局即陷入了与各种对手的纷争之中。这些纷争虽发生在中国，但实际却是中西两大天文学阵营的对抗。而且，自西方天文学传入中国以来，两大阵营间虽早有相互评点之议，但真正的直面相对、短兵相接，这还属首次。双方对阵的焦点不仅有天文学本身，还有超出天文学以外的分歧。

一、历理之辩

崇祯三年十一月，巡按四川监督御史冯如蛟将四川资县诸生冷守中所著的一部历法著作上呈礼部，想以此为其谋求进身之阶。该书多以《皇极经世》中的象数之学附会历法。对此，徐光启重申了历学与易学无涉的观点，指出：“历法一家，本于《周礼》，冯相氏‘会地位，辩四时之叙’，与他学无涉也。从古用大衍、用乐律，牵合附会，尽属赘尤。今用《皇极经世》，亦尤二家之意也。此则无关工拙，可置勿论。”本着“历之终事，必验交食”的原则，他建议以交食预报来判别冷氏之法与新法的疏密优劣，而“不必以口舌争也”。[①] 结果，在来年四月十五日的月食预报中，冷守中以误差二时而被挫败。

与冷氏的历争尚未完全结束，河北满城县布衣魏文魁也于崇祯四年五六月间令其子魏象乾向礼部进呈了其所作的《历元》与《历测》二书。魏氏当时在历学方面声誉颇著，邢云路的《古今交食考》据说多出其手，在朝中也颇有依托，所以是历局强硬的对手之一。为了不使历局的工作因魏氏的出现而受到大的影响，徐光启没等他的两部著作到达皇帝手中便亲自出马，指出书中有“当议者二事”，“当极论者七端”。除此之外，尚有“当论定者不止百数”。



徐光启所列的“当议者”二事，一为崇祯四年四月十五日月食预报，《历测》、《历元》二书自相抵牾；一为《历测》不用授时、大统二历较精确的回归年长度，而用金赵知微《重修大明历》中较为粗劣的岁实数据。除此之外，他所列举的“当极论者”七端主要涉及以下理论问题：

第一，郭守敬等人提出的岁实减差（即“年分差”）符合从古到今回归年长度逐

① 徐光启：《咨礼部转都察院文》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，359页。

渐变短的事实,《历元》不用此法,反倒延用《重修大明历》中的回归年长度,此值大于郭守敬时代的回归年长度,与实际天象明显矛盾。

第二,《历元》、《历测》等书在弧矢术中仍然延用"围三径一"的圆周率,"是术一误,何所不误"。

第三,太阳的近地点及远地点与冬夏二至点并不重合,魏氏泥于古法,仍以二至为盈缩之限。

第四,月球近地点运动有迟疾变化,与其交点运动而有中天高度的变化是两个不同的概念,而魏氏却混为一谈。

第五,合朔应以日月黄道经度相同为准,而中国传统历法却以赤经同度为准,所以按此推出的合朔时刻即便是发生在正午,日食的食甚时刻也应加上时间修正。而魏氏却仍因古说,认为不应进行该项修正。

第六,日食食限在黄道北为17°,黄道南为8°,月食食限则为12°。魏氏却把它们同定为黄道北8°与黄道南6°。

第七,由于视差,南北不同纬度地区的见食情况不会相同。而魏氏在推算过程中却不考虑此点。

这七个问题除第一、第三纯属魏氏个人的错误外,其余大都反映了当时历局所采纳的西方天文学理论与中国传统天文学理论之间的差异,中国传统天文学理论的确存在被魏氏所延用的那些缺点。因此,徐光启的挑战已不属于个人之间的学术观点之争,而是名副其实的中西天文理论之争。

针对这七个问题,魏氏一一作了答辩。然而,他的辩辞中除了指出郭守敬的岁实减差"真是忘作,绝不可遵用"稍有见地外[①],在其他的问题都只是一味地引用传统理论进行抗辩,不仅未作丝毫让步,而且还明确地指出,徐光启所用的食限等数据乃"外夷之历学,非中国之历学也,魁不可得而知之也"。表现出了明显的民族情绪。因此,徐光启在接到其答辩之后,遂有"争气者勿与言","不直者道不见"的感愤之语,觉得很难与其辩论下去。但结果还是就先前提出的那些问题一一给予了更详细的说明,希望以此"开其未悟"。

对于徐氏的回复,魏文魁仍然固执己见,并四处散发《岁余气至考》一文,"专排"历局新法。于是,历局便组织在局学习的周胤、贾良栋等9名钦天监官员撰文,对魏氏的错误言论一一加以批驳。并特别攻击他"心口如铁石,无隙可通",一面全用古法,未曾

① 客观地来说,回归年长度虽然的确存在逐渐变短的趋势,但杨中辅、郭守敬等人提出"斗分差"主要是为了牵合《左传》日南至的记录,结果是"从错误的前提和目的出发而引出上述概念的,而且还比现代值大出30倍左右",的确难以令人遵用。参见陈美东:《论我国古代年、月长度的测定》(上),《科技史文集》,第十一辑,上海科学技术出版社,1983。



"自设一术,自布一算",一面又公然"排斥名贤,辄谓前无作者"以"专诩己长"。[1]

至此,这场持续了近一年的历理之争表面上暂告结束。徐光启在世的最后两年时间里,魏文魁及其他反对以西法改历的人也均未与历局的人发生正面交锋。然而,这并不意味着魏氏要就此罢休。他从家乡移居北京,酝酿着一场新的攻击。

二、东局始末

自崇祯六年十一月徐光启去世,到次年四月李天经奉旨入京,历局事务暂时无人主持。崇祯七年三月日食,钦天监在没有历局参加的情况下组织了一次预报和实际观测,并邀魏文魁参与其事。观测结果,大统历所推初亏时刻、方向以及魏文魁所推食甚时刻和分数分别与天相合。于是崇祯传旨"既互有合处,端序可寻。速着李天经到京,会同悉心讲究,仍临期详加测验,务求画一,以俾历法。魏文魁即着详叩"。[2] 这样魏文魁便再次被推到了台前,朝中甚至有人试图让他直接干预历局的工作。因此,当年八月李天经到任后首次进呈第四批历书时,便有旨追问:"昨李天经所进历书星屏果否与魏文魁参合商订,着李天经奏明。"

但是,对皇帝命双方共同一处,相互参订的旨意,魏氏与历局两方面均不愿接受。魏氏仍然"衔历局夙昔辩驳之隙,亦不欲向局中一步"。李天经对崇祯的追问也未作任何让步,而是强调:徐光启"积学深思,呕心此道数十年。其所著述恐非他人所能增减。即魏文魁,亦曾经辅臣逐款驳正,有《历学小辩》见存。则辅臣之书与星屏皆依新法测定,精心纂辑,足补前人所未发,而补中原所未备,未尝与文魁参合商订也……总之,历数一家,今为绝学。辅臣读文魁之书而不敢轻用,夫岂无见?臣必试文魁之法,验之而后敢用……如文魁之法与学不成试验而即奉为主盟,此则非臣所敢任也"。[3] 最后他建议,以昼夜考测七政诸行来定其疏密。

面对这种局面,崇祯也别无良策,只得暂时打消了共同参订的想法,于崇祯七年八月底传旨:"魏文魁历法着另局修订备考。"于是,魏文魁便纠集了包括其子魏象乾在内的几名学者,正式开设了另局。因其地处京城之东,故人多称之为东局。而原来的历局则相应变成了西局。

东局开张后,魏文魁并未在历理上继续同西局打笔墨官司。他接受了李天经的建议,试图在天象预报上与西局一决高低。为此,"他在他的天文台上极勤奋地作起观测来了"。[4] 然而,在当年闰八月对木星动态的预报中他首战受挫,次年正

① 关于徐光启和历局与魏文魁之间的争论参见《学历小辩》。《新法算书》,卷十五。

② 李天经:《遵旨任事谨陈题荐始末以祈圣鉴疏》。《新法算书》,卷三,"缘起"三。

③ 李天经:《钦奉圣谕据实奏明疏》。《新法算书》,卷三,"缘起"三。

④ Väth 著,杨丙辰译:《汤若望传》,上海商务印书馆,1949,155 页。

月十五日的月食推算又告差误，以至遭到崇祯的严旨斥问。[①] 在此后的历次天象推测中，他虽在一两个项目上偶有所中，但大部分时间均以粗疏败北。在这种情况下，他只得于崇祯九年底抽身隐退[②]，而把东局交付代州知州郭正中监管。

在反对以西法改历的过程中，郭正中与魏文魁一样，都是当时之中坚。尽管大统、回回及魏氏之历在历次实测中节节失利，他仍然坚持"中历必不可尽废，西历必不可专行。四历各有短长，当参合诸家，兼收西法"。[③] 且言："自尧舜以来，迄今四千二百七十年，其间修改七十余次，创法十有四家，未有端用西法者。"[④]排斥西法之心跃然纸上。但可惜的是，他手下的蒋所乐、边大顺等人在水平上可能连魏文魁都不及。崇祯十年元旦日食，边大顺率东局所推不验，只得"安分引退"。何凝之继任后又屡找借口以"脱其推算之责"，勉强做出两次交食预报后更是两测皆疏。

在这种情况下，蒋所乐、郭正中等人居然置钦天监及西局的观测报告于不顾，另疏谎报新法所推有误，以挽其败势。对李天经等人更是"屡疏诋诬"。魏象乾在崇祯十年十二月初一的日食观测中见东局所推又误，还演出了一场闹剧。他不知从哪里抄到了新法的预报结果，在观测快要结束时将其上呈给在场的礼部官员，说是要"剖析秘法"以"感激天恩"，连在场的礼部官员也觉其行为不端，经驳斥后，他自己也"自觉理屈"，只得"拂袖而去"。[⑤]

面对东局的种种欺诈行为，李天经再也无法忍受。他上书明确指出：东局"测验多至疏远者，盖由于术业伎俩仅止于此，大抵屡次推算断不能出大统范围，又安能望其自出聪明，以备考测乎？"[⑥]"若辈于历学实无所学，终难结局，故尔藉势影射，横行无忌，冀人一有指摘，遂加以妒忌之名，而彼得巧卸其欺罔之罪。"[⑦]他坚决表示，再也不能与"曾无寸长"的东局"再蹈会通之故套"，以至"真伪不分，是非倒置"。而应令钦天监正式采纳"既已合天"的新法。[⑧]



此时，崇祯皇帝通过亲自参加崇祯十年十二月初一日的日食测验，对各家疏密已有所觉悟。于是便于次年正月十九日下旨，命解散东局，令"着照回回科例"，将新法"存监学习"。[⑨] 东西两局之争终以西局获胜而告终。

---

① 李天经：《遵旨测验日食敬陈实着疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"六。

② 崇祯十年正月初一日日食，东局的推算者已由蒋所乐、边大顺承担。见李天经《日食各法不一亏复分秒可验疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"六。

③ 《明史·历志》。

④ 清朝康熙年间所编《海宁县志·儒林》。

⑤ 周胤：《奉旨据实奏明疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"六。

⑥ 李天经：《遵旨测验日食敬陈完历实着疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"六。

⑦ 李天经：《交食届期测验宜明疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"六。

⑧ 李天经：《各法疏密已蒙睿判遵画一屡旨未见钦遵疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"。

⑨ 李天经：《历法既经画一更正似难久羁疏》。《新法算书》，卷七，"缘起"七。



三、历争中的钦天监

在明末的这场历争中，钦天监与历局之间的关系是最为复杂的。

首先，自万历三十九年的改历之议兴起之后，监官大多承认，监中所遵行的大统历早已“年远数盈”差桀难用。而他们自己却只知“家传世习”，“斤斤守法”。既“不敢妄行增损”，也无能加以修改。[①] 而且，自周子愚开始，历任监正对参西法以改历也无异议。在历次测验中对新法虽偶有游移之辞，但对历局新法之密大都公开承认。对西法本身，也“输服（其）于理与数之确有证据，自知其不得不然者”。[②] 所以，曾多次主动上疏请求派本监官员前往历局学习新法。[③]

更重要的是，在历局与魏文魁及东局的纷争中，包括监正在内的许多钦天监官员都曾站在历局的一边。徐光启在世时，在历局学习的监官就曾公开撰文批驳魏氏。而在李天经继任之初，东西二局纷争方起之时，监正张守登、监副戈承科、周胤也曾率多名监官前往历局与李天经等测验修订，共同拟订了完全倾向新法的“参订历法条议”二十六则。[④] 崇祯十年十二月，监副周胤还曾上疏揭露魏象乾在日食测

---

① 钦天监五官正戈丰年、监正张守登、监副周胤在崇祯二年五月、九年四月、十年九月的奏疏中都有此说。见《新法算书》，卷一、卷六，“缘起”一、六。

② 姜逢元：《遵旨奏明疏》。《新法算书》，卷五，“缘起”五。

③ 张守登：《奉旨回奏疏》。《新法算书》，卷三，“缘起”三；周胤：《圣主留神钦若微臣敬循职掌敢献一得疏》。《新法算书》，卷六，“缘起”六。

④ 见《明史·历志》及《新法算书》，卷四，“缘起”四。这二十六则条议的主要内容是：（一）“诸曜之应宜改”，并依新法取崇祯元年冬至己卯日第一子正为近距历元；（二）测量日月五星的行度必须以黄道坐标为准；（三）推算不同地区七政视运动情况时应考虑地理纬度的影响；（四）传统的平、立、定三差法推七政运动“与天未合”，应采用新法中“以圆齐圆”的几何模型和计算方法；（五）旧法推七政某日行度的方法也不如新法简便；（六）旧法取圆周率为周三径一，这是错误的，应依新法所取之值，并以三角函数代替旧的弧矢割圆术；（七）在处理球面天文学问题时也应采用球面三角法；（八）由岁差所造成的恒星位置变化应以黄道坐标为基准加以计算；（九）在求恒星坐标时应考虑岁差因素的影响；（一〇）夜间测时应采用新法通过恒星测真太阳时的方法；（一一）宋代所定的十二宫宿度因岁差已经有误，应加修正；（一二）旧法以冬夏二至为太阳盈缩之限是不对的，因为按照新法，太阳近地点和远地点不在冬夏二至，其本身也在不断移动；（一三）旧法以圭表测二至的方法不如新法以测二分为主的方法准确方便；（一四）旧法推北京日出日落时刻仍以南京地理纬度为准，应改为依北京的为准；（一五）应改旧法之平气为新法之定气；（一六）旧法推月行仅考虑了一级差数，并不准确，宜改按新法的月行理论进行计算；（一七）黄白交道并不固定，旧法恒取之为五度，应加改正；（一八）黄白交点的移动也不均匀，旧法仅用其平行度，应加改正；（一九）旧历中“紫气”一项纯属凭空捏造，应予取消；（二〇）计算交食时应考虑日月距离的变化；（二一）合朔即便发生在正午，也应考虑视差修正；（二二）日食食甚到初亏、复圆的间隔并非严格相等，旧法却取为相等，应予改正；（二三）在计算各地见食情况时，应考虑视差影响；（二四）五星每次合伏的时间并不严格齐同，旧法却把会合周期分为固定的段目，应加改正；（二五）五大行星的纬度在旧历中多不考虑，应依新法加以计算；（二六）测量五星运动时，应以恒星坐标为准。



验中的欺瞒行为。[①]

从以上现象来看，监局双方最初的合作的确十分密切。但是，由于以下两个原因，监中官员又不能不对历局心存戒忌。

第一，交食等天象的预报按例为钦天监的重要职责，若有差误，难辞其咎。更何况崇祯二年五月日食推算失误，皇帝已有“如再错误，重治不饶”之旨。虽然徐光启、李天经为争取监官的配合，曾多次上疏，极言其推算之误乃所用历法有差，实非监官个人之责，以此为其开脱。[②] 但还是有人“以惶恐畏咎之心”，行排斥历局、“自文其短”之事。例如，在崇祯七年九月历局与钦天监考校行星动态预报，以决各自历法疏密的过程中，监官当面虽对新法之精“同心输服”，但在向皇帝汇报时却继续“墨守成法，恐经别人道破便是自己罪案，故以惴惴畏咎之心，坚其党习锢闻之陋，而不肯为皇上实告”。[③] 在崇祯九年的另一次测验中也有类似事件发生。[④] 这种事情虽属偶一发生，但却反映了监官对历局的忌惮心理。

第二，监官们还十分担心，取用新法后，自己的地位会受到动摇，甚至要失去饭碗。这种心态在崇祯九年监正张守登的一篇奏疏中表现得最为明显。在这篇奏疏中，他虽然承认新法之密，但却坚持，此法必须经过钦天监自己的官员“口授心印，经手推算，再行测候，酌为定式，方敢遵用”。[⑤] 监副周胤在次年九月的奏疏中也表达了同样的意见。[⑥] 而在历局方面，的确也有不愿以单纯为他人做嫁衣裳而终事的想法。因此，李天经在最后一批历书进呈完毕之后，就曾有将局中官生各量加以钦天监职衔的请求[⑦]，不久又进一步提出，将“在局官生收之钦天监”，以便“随时推测”。[⑧] 而在对监官传授新法的问题上也一直以“必先讲明其理，然后方授其法”为理由，放慢教授节奏。以至周胤等人自历局初设时入局，直到崇祯十年九月仅仅学完日躔、月离两部分内容，对“尤为修正之要”的交食与五星部分则一直未得传授，与局内官生在短时间内很快达到“俱娴推算”的情况形成了明显的反差。

到皇帝下令解散东局时，监局双方在后一方面的嫌隙已日见尖锐。钦天监为了保护自己的利益，首先采纳了一系列对抗措施。首先，他们曾试图“借端保留疏远遣散之郭正中”，说是“欲与商究历法，漫图更正”，连皇帝都知其“显属通同”。其

---

① 周胤：《奉旨奏明疏》。《新法算书》，卷六，“缘起”六。

② 徐光启：《月食先后各法不同缘由及测验二法疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，414～415；李天经：《遵旨测验日食敬陈完历实着疏》。《新法算书》，卷六，“缘起”六。

③ 李天经：《遵旨测验疏》。《新法算书》，卷三，“缘起”三。

④ 李天经：《星度方位昭然推算疏密立辨疏》。《新法算书》，卷五，“缘起”五。

⑤ 张守登：《遵旨据实回奏疏》。《新法算书》，卷六，“缘起”六。

⑥ 周胤：《圣主留心钦若微臣敬循职掌敢献一得疏》。《新法算书》，卷六，“缘起”六。

⑦ 李天经：《书器既成，叙禄宜加疏》。《新法算书》，卷四，“缘起”四。

⑧ 李天经：《历法业有成局，微臣敬申前请疏》。《新法算书》，卷四，“缘起”四。



次，皇帝虽已下令将新法按回回科例，存监学习，但监官却长时间不予执行。而且还越过李天经给局中成员私自散发了一道“语意与明旨大相违悖，而狃旧惮新之故智与夫妒贤嫉能之情形皆显露于笔端”的帖子。

对诸如此类的做法，李天经也针锋相对，上疏抗争。他一方面指出：“总之，监官亦知新法推测屡近，急宜更正而遵用之。乃一断隐情，诚恐一更新法，并其人俱更。故未免以怀禄顾位之私，而致误国家钦若敬授之典。”[①]另一方面则更加明确地提出了将历局成员尽数收入钦天监的要求，指出：“该监诸臣之中，果知推算者不过二三人。然不能明其历理，即令精心学习新法，恐未能如臣局各官之通透谙练也。”不仅如此，他还提出，今后在交食经纬、晦朔弦望与节候凌犯等历项上要敕令监官“俱依新法推测屡近者推算遵用”。[②] 他坚持认为，钦天监“不必令设新法一科”，只须“将臣局官生各加推算应得职级，公同历科各官共推新法”即可。[③]

对李天经的这些建议，钦天监只是虚与委蛇。加之礼部主管官员升迁无常，所以监局双方一直各行其是，相持不下。从很大程度上来说，清初汤若望与钦天监之间的争斗[④]只是这场监局之争的延续。

四、“会通”与“划一”的对立

新历之所以长期得不到行用，除对立面的层层围攻外，在很大程度上还与崇祯皇帝的决策有关，尤其与他“务求划一”的指导思想有关。这四个字是他在处理有关历争的奏章时使用频率极高的一句批语，在字面上看来与徐光启的“欲求超胜，必须会通”同出一意，其实不然。它恰恰反映了他与徐氏之间在改历方针，尤其是在处理中西法关系的问题上的重大差别。

徐氏曾经指出：“欲求超胜，必须会通。欲求会通，必先翻译……翻译既有端绪，然后令甄明法意者参详考订，熔彼方之材质，入大统之型模。”近代一些学者根据这句话以及《崇祯历书》几乎尽取西法的事实推断，《崇祯历书》的编纂只属于徐氏改历计划的第一步，即翻译阶段。因此，有些人每每为徐光启过早去世，未能进一步完成会通的任务而深感遗憾。其实，这完全误解了徐氏的改历方案。



从徐氏的治历疏稿来看，他的改历思路是十分清楚的，也就是：翻译—会通—编成新历—采纳新历。他的会通是贯彻在编历过程之中的，新历编竣之日也就是

① 李天经：《历法既经画一更正似难久羁疏》。《新法算书》，卷七，“缘起”七。像这样撇开李天经直接给局中官生移文发帖之事以后还时有发生。

② 李天经：《历法既经画一更正似难久羁疏》。《新法算书》，卷七，“缘起”七。

③ 李天经：《报完传习新法并恭进乙卯年七政经纬新历以竣大典疏》。《新法算书》，卷七，“缘起”七。

④ 参见黄一农：《汤若望与西历之正统化》。吴嘉丽、叶鸿漓编：《新编中国科技史》，下册，465～490页，（台北）银禾文化事业有限公司，1990。

会通完成之时；新历得到采纳，改历即告成功。而这部计划中的历书就是先后分五次进呈御览的《崇祯历书》。因此，他早在崇祯四年正月进呈"历书总目表"时就指出，在依循"节次"和"节目"，达到"事竣历成"的目标后，要进一步做的是继续对新法本身做更深入的研究，达到"必深言所以然之故"以融会贯通的水平，并未提及将新法拿去入大统之型模之事。而在去世前夕，他鉴于已编竣及正编纂的历书中"基本五目略已足用"，"节次六目"也将"陆续完进"的情况，在自己的疏稿中明确提出了"历法修正告成"及"治历已有成模"的说法。在推荐李天经时，也只是让他负责完成"其余卷帙，及教习官生续制仪器，并料理旁通事务"，只字未提让他继续会通之事。

至于《崇祯历书》既属会通之作，何以通篇几乎全为西法？这个问题就必须用徐光启对西方天算之学的一贯看法及其改历方针来解释。因为他对西法之长早已形成了一边倒的看法，甚至有"郭守敬推为精妙，然于革之义庶几焉"的言论，认为中国天算学与西法相比"何可工拙论哉？"[①]而从万历三十九年开始，他已形成了在改历中保持西法独立性的思想。这一思想到他主持崇祯改历时实际仍未完全改变，只不过考虑到中国历法与中国社会相一致的具体情况，以及为了新历出台后能顺利地得到采纳，才进一步将其修改为"熔彼方之材质，入大统之型模"的观点。而在具体实施中，他不仅在"材质"上尽取西法，而且在"型模"上也未完全恪守传统历法的全部规范。

例如，他对"节次六目"的划分，粗看起来只是采纳了传统历法中将历法内容按所推历项分门敷列的做法，把西法中关于这些历项的部分取类归一，以达到熔材入模的目的。但细究起来，这"六目"实际上也在很大程度上因了西法之势。因为只有西方天文学家才把恒星作为与日月五星理论密切相关的部分放在基本天文理论之中，并把有关内容编织成一个徐光启所谓的"循序渐作，以前开后，以后承前，不能兼并，亦难凌越"的逻辑体系。[②] 另外，在"六目"中不单列"步气朔"、"步发敛"和"步晷漏中星"等历项，明显也是受到了西法在内容和编排逻辑上的影响。再如，在单位制及一些基本数学常数的取用上，他虽然将西法中某些与中法差别较大而又无明显长处的单位和数据"改从大统"[③]，但在角度制、黄道坐标、圆周率以及时刻制等方面都直接采用了西方的做法或根据西法对传统做法进行了调整。

不仅如此，徐光启还特别反对会通工作中牵强附会的做法，指出："若今强求其



---

① 徐光启：《〈简平仪说〉序》，见《文渊阁四库全书》，第787册，835～836页，(台湾)商务印书馆，1983。

② 参见本书第四章，第一节。

③ 徐沈启：《测候日食奉旨回奏疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，358页。



相合，恐致挪移迁就，更非改历之初意矣。"[①]所以，《崇祯历书》何以在徐光启"会通归一"的方针下看上去竟是全取西法，这一点是不足为奇的。

相比之下，崇祯皇帝的"务求划一"则全无徐光启的这番用心。他所要求的只不过是拿新法去与早已自认差桀的大统、回回二历以及屡测屡疏的魏文魁历法"悉心互参"、"务求折中划一"，并且还强调"不可偏执"。这与其说是指导一种科学工作的准则，不如说是一种调停党争的政治手段。在这种旨意之下，郭正中、魏象乾等人历法粗疏、欺众罔上的劣迹虽已昭彰，礼部官员却打着"参合会通"的幌子，"尚欲曲全另局"[②]；历次测验，新法屡近，余法俱疏，朝臣共见，礼部却仍在定气平气、置闰规则等问题上对历局多方诘难。经历局一一驳正后，他们又以中西之法在坐标制度等方面小异大同，在预报精度上"时同刻异，无大悬绝……在今日西法较密，在异日亦未能保其不差"为借口，反对李天经提出的在气朔交食、五星动态及七政经纬等方面废大统、用新法，在神煞宜忌等方面仍依其旧的建议[③]，坚持要两法并存，说是要待"测验大备"之后，才能"徐商更改"。[④]

"划一"之旨虽然传自至尊，历局成员也还是作过抗争。早在崇祯三年十一月，徐光启上疏请求依据新的定时方法对观象台上的原有测时仪器进行调整和重新装备时，崇祯即提醒他："必须悉心互参，不可偏执。"针对这一提醒，徐光启上疏抗辩道：自己"无论一己原无特见，不敢偏执。即载籍有异同，众论有彼此，亦不敢偏徇，而惟以七政运行为本。"[⑤]崇祯十一年正月，李天经在疏稿中也表达了同样的思想："总之，画一之法，唯取合天者而遵用之。"[⑥]到崇祯十三年十二月，针对朝中要新法与大统画一或并存的言论，他又进一步上疏指出："臣详考两法，疏密判然，实不能迁合傅会以结局。但既不能迁此就彼，惟有舍疏以用密。"可是，他的这些合理建议在朝中几成孤响，鲜有应和。改历工作便在这"会通"与"划一"的对立中徒耗时日，无果而终。[⑦]




① 徐光启：《月食推算里差疏》，见王重民辑校：《徐光启文集》，下册，380页。
② 李天经：《各法疏密已判画一屡旨未见钦遵疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"六。
③ 李天经：《恭进辛巳年七政经纬新历仰恳圣明钦定以成一代良法疏》。《新法算书》，卷七，"缘起"七。
④ 李天经：《礼部题为谨遵屡旨查议具复恭请圣裁疏》。《新法算书》，卷八，"缘起"八。
⑤ 徐光启：《因病再申前请以完大典疏》，见王重民辑校：《徐光启集》，下册，363页。
⑥ 李天经：《各法疏密已蒙睿判画一屡旨未见钦遵再请圣明独断疏》。《新法算书》，卷六，"缘起"六。
⑦ 李天经：《恭进辛巳年七政经纬新历仰恳圣明钦定以成一代良法疏》。《新法算书》，卷七，"缘起"七。

第五章　西方天文学的早期译著

第一节　《坤舆万国全图》和《乾坤体义》

一、《坤舆万国全图》

早期入华的耶稣会士的代表人物利玛窦(Matteo Ricci,1552—1610,1583年来华)在中国所做的第一项科学工作就是绘制世界地图。从1583年起,他在其居住地肇庆、南昌、南京和北京数次制作了具有不同称谓的世界地图[①]。这些地图曾被多次刊刻、摹绘并广泛流传。图中介绍的知识对当时中国人的宇宙观产生了极大的冲击和影响。利玛窦的世界地图国内现存最早的是1602年的《坤舆万国全图》(见图5—1),南京博物院和中国历史博物馆分别藏有其摹绘本和墨线仿绘本。在该图的四周和中间空隙处,利玛窦插入了许多相关的天文学内容,作为新介绍的地理知识的补充。这些内容可以分为如下四个部分。

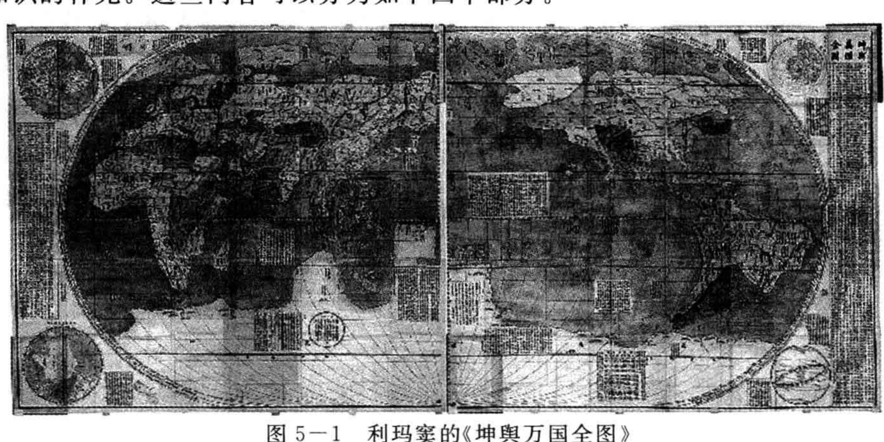


图5—1　利玛窦的《坤舆万国全图》



1. 宇宙结构

这一部分包括《序篇》、《天地仪图》、《九重天图》、《论地球比九重天之星远且大几何》及《四元素论》。

《序篇》是全图总论,其重点是介绍“地圆说”。它的第一句话就是:“地与海本

① 曹婉如等:《中国现存利玛窦世界地图的研究》,载《文物》,1983(12)。



是圆形，而合为一球，居天地之中，诚如鸡子，黄在青内。”这一比喻借用于中国古代的浑天说。许多人认为，浑天说的上述比喻表明它已提出了地是球形的概念，不过这一概念终归是比较含混的。利玛窦在此阐述的则是十分清楚明确的地球观。他指出地球与天球有相应的南、北极和赤道等圈线，又以向南向北每走 250 里极出地差 1°证明了地为圆形，其周长为 90 000 里①。文中还顺次解说了对跖人、地球上的寒暖五带、五大洲、地理经度、纬度与四季寒暑和昼夜长短的关系、经度与时差的关系等问题。

为了直观地演示天球与地球的关系，利氏在地图的右下角绘制了一幅附有说明的《天地仪图》(见图 5－2)。该仪的内部为地球，上面区画出海洋、陆地，陆地上写有“中华”字样。外部为象征天球上各圈线的规环，包括子午环、赤道环、黄道环(按说明还应有地平环和赤道极轴)等。这架仪器亦可以演示各地昼夜长短的变化。

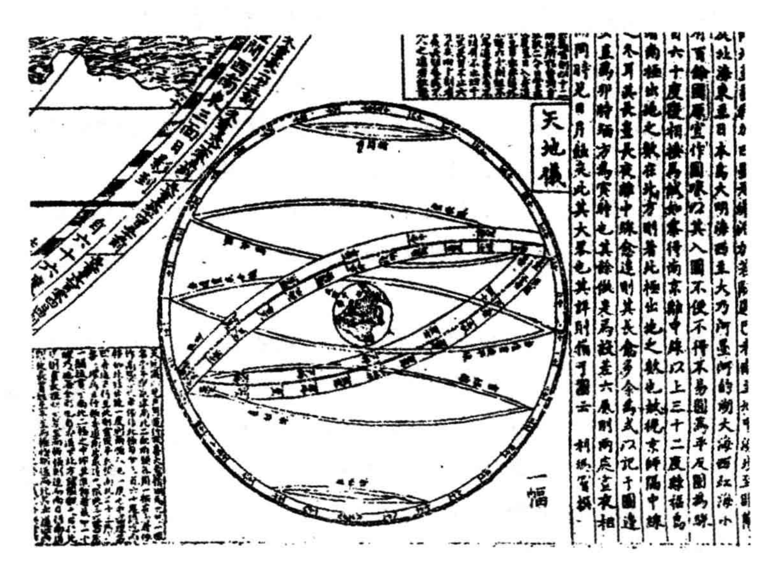


图 5－2　《天地仪图》

《九重天图》(见图 5－3)和《论地球比九重天之星远且大几何》介绍的是亚里士多德固体同心球的宇宙体系。《九重天图》中各天依次为：月天、水星天、金星天、日天、火星天、木星天、土星天、恒星天、宗动天。“此九层相包，如葱头皮焉，皆硬坚而日月星辰定在其体内，如木节在板而只因本天而动。”九重天中的前七重天各有

① 这里的“里”指华里。利玛窦取托勒密经线上 1°长等于 500 希腊里的数值，又定 2 希腊里等于 1 华里。如按明尺 1 尺等于 31.1cm 计算，则利氏所给地球半径为 6 682km，与近代 6 378km 相去不远。

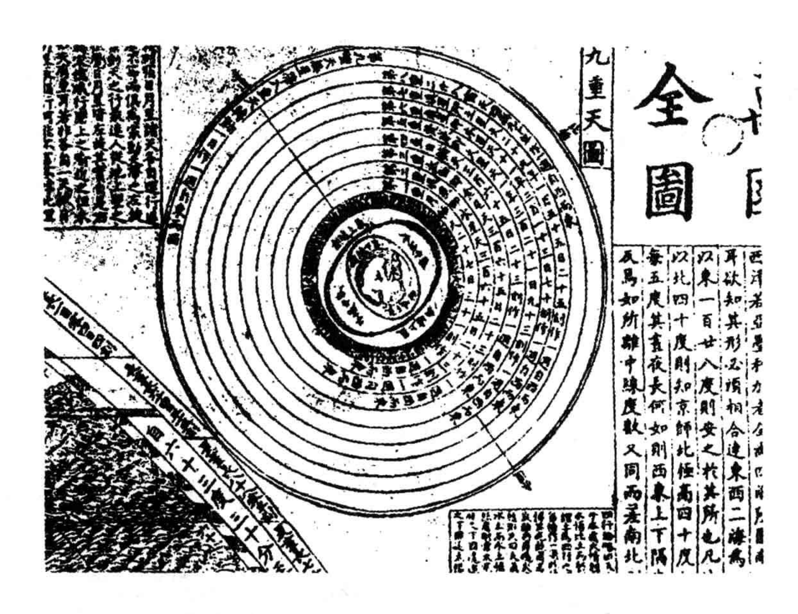


图 5—3 《九重天图》

自己的运动周期，恒星天以 49 000 年的岁差周期运动[①]，宗动天则带着下面八重天作一日一周的运动。在《论地球比九重天之星远且大几何》一文中，利玛窦还说明了各重天到地球的距离，日、月、五星及各等恒星的大小。虽然其数据本身并不足取，但是该文引入了日、月、五星的大小和距离以及恒星星等[②]的概念，这点还是十分重要的。

九重天图之下是四元行论，也即古希腊之四元素论。其中元行之“行”取自中国古代五行说。四元行论认为天下万物皆由水、火、土、气四种元素组成。而且：“火情至轻则跻于九重天下而止，土情至重则凝而安天下之当中，水情比土而轻则浮土之上而息，气情不轻不重则乘水土而负火焉。……又曰夫气处所又有上下中三域……”这一理论在九重天图中也有所反映。

2. 日食和月食及日、地、月大小的比较

《坤舆万国全图》的左上角附了两幅日、月食图和两则说明，一则介绍日、月食原理，一则证明太阳大于地球、地球大于月球。对日食原理，中国古代已有比较正确的认识，利玛窦在此则首次介绍了各地观日有斜正之异，因而所见日食情形不同的现象。并在具有明确地球概念的前题下，以月借日为光，望时地球障隔其光引起月食、月食天下所见皆同，正确地解释了月食成因。此后利氏以“若日与地等，则众

---

① 49 000 年的岁差周和下文将要提到的 7 000 年的抖动周均为 13 世纪卡斯提尔国国王阿方索十世刊布的星表所定。

② 明初翻译的阿拉伯天文学著作《七政推步》中虽已介绍过星等数据，但未产生影响。



星皆食”证明了日大于地，又以“若地与月等，则不尝食”证明地大于月，两项证明皆不尽完善。

3. 测地理纬度法

利玛窦在地图中给出了两种测各地纬度的方法。第一种称为“看北极法”。该法将一标着 360°刻度的平圆板垂直悬挂，板上以一过圆心十字线代表地平线和天顶线，圆中心钉有可以旋转的量天尺，尺两端各竖一立耳。把量天尺指向北极，尺端指示的度分就是当地地理纬度。第二种方法是用上述仪器测出正午太阳地平高度 h，再据当日是哪一节气后的第几日，查附刻的“太阳出入赤道纬度表”，得出太阳赤纬 δ。然后根据太阳在赤道南或北，以 $\varphi=90°-(h\pm\delta)$ 求出纬度。

4.《范天图》(曷捺楞马图)

范天图是一种节气图，它所表示的是在天球投影圆上画节气线的方法（见图 5—4）。该图的大圆是分成 360°的子午圈。过圆心的十字线是地平和天顶线。赤道和北极均按当地地理纬度绘制。图中的小圆称为“黄道圈”，它们与大圆交点的赤纬为 23°30′。将两黄道圈分别 24 等分，对应点两两相联，即得各节气线。范天图可以用来算太阳出入，也是制作多种节气日晷的基础。稍后译成的《简平仪说》和《日月星晷式》两书都有介绍这一图形应用的内容。



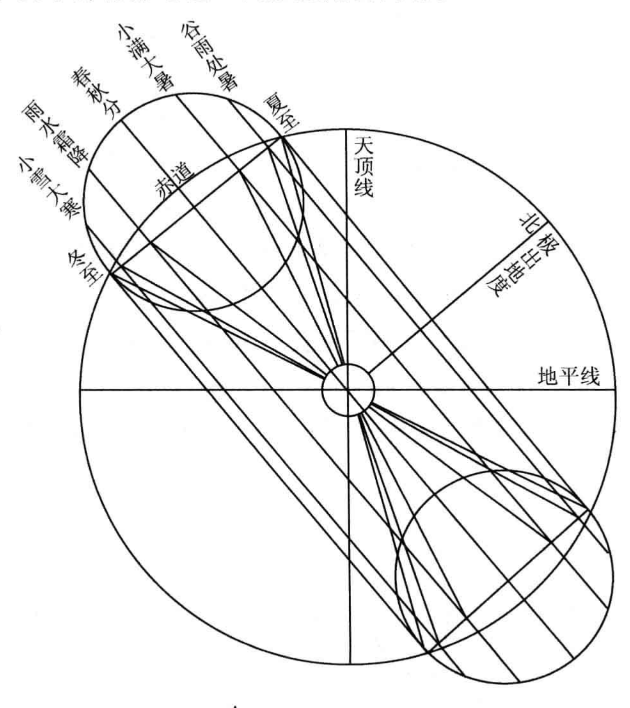


图 5—4 《范天图》

二、《乾坤体义》

继在世界地图中介绍了天文学知识后，利氏的有关文字被汇编成册，题名为《乾坤体义》刊行出版。我们目前所见四库本的《乾坤体义》共有三卷，上卷包括：《天地浑仪说》[①]、《论地球比九重天之星远且大几何》、《浑象图说》[②]、《乾坤体图》、《四元行论》。中卷为《日球大于地球、地球大于月球》，并附有《徐太史地圆三论》。下卷是《圆容较义》。从题目和内容看，除没有测纬度法和范天图，《乾坤体义》上、中两卷的正篇与《坤舆万国全图》介绍的天文学内容基本上一致。不过由于成书较晚，篇幅也不受限制，前者还是有以下三点改进：第一，《乾坤体图》绘制的是十一重天，除恒星天改为 7 000 年抖动一周，另有岁差天[③]和最外层的"永静天"，即上帝和诸神的居所。第二，《四元行论》增加了更多的内容，包括对中国五行说的批评。第三，更充分地阐述了《日大于地、地大于月》这一论题。为此该文先证明了六条几何光学原理：①物体离观测者越远看起来就越小；②光线及视线均为直线；③尖圆体（圆锥）的底及横切面俱为圆环；横切面离底越远环就越小；④圆光源照同等大小圆体可照明其半，所得投影为无穷圆柱；⑤大光体照小圆体可照明其大半，且投影有穷，影离圆体越近就越大；⑥小光体照大圆体可照明其小半牛，投影无穷，且离圆体越远影就越大。以此六原理为前题，并且解释了日、月食成因之后，利氏提出：如日小于或等于地球，影都无穷，众星皆应食，今星不食，说明日大于地。地影为一圆锥，地之半球为锥底，月全食时月亮久行地影之中，证明月远小于地。

对《乾坤体义》下卷的翻译，李之藻曾有序曰："昔从利公，研究天体，因论圆容，拈出一义。……译旬日而成编，名曰《圆容较义》。杀青适竟，被命守澶，时戊申（1608）十一月也。"[④]该书分五界十八题对等周形中圆体容积最大作出了证明。



据日本学者今井溱的考证，《乾坤体义》（及《坤舆万国全图》中的主要天文部分）摘译自利玛窦在罗马学院的老师丁先生（Christophorus Clavius）的《〈天球论〉注释》（*In Sphaeram Joannis de Sdcrobosco Commentarius*）。[⑤]《天球论》是欧洲 13 世纪天文学家和数学家萨克罗包斯科（Joannis Sacrobosco）在古希腊天文学基

---

① 与《坤舆万国全图》《序篇》对应。

② 与《坤舆万国全图》的天地仪图说明对应。

③ 参见第 112 页注①。

④ 关于《乾坤体义》的首版时间，有 1605 年和 1615 年两说（参见徐宗泽：《明清耶稣会士译著提要》，中华书局，1989，473 页。方豪：《李之藻研究》，（台湾）商务印书馆，1966，200 页。由于《圆容较义》译于 1608 年，《四库全书》所收《乾坤体义》当为较后之版本。

⑤ 参见今井溱：《乾坤体义杂考》。收于薮内清、吉田光邦编：《明清时代の科学技术史》，京都大学人文科学研究所刊，1970。



础上写出的一部通俗天文学著作。这本书17世纪以前一直被欧洲的许多学校当做天文学教科书，曾一再重版并有众多的注释本。丁先生的《〈天球化〉注释》首版于1570年，北堂藏书中有1585年、1602年、1606年、1607年、1611年等多种版本。该书共分为四卷。卷一包括《天球结构》、《四元素说》、《十一重天》、《等周形》、《地圆说》和《托勒密星表》；卷二、卷三主要是详细描述天球各基本圈及不同地区昼夜长短和寒暑变化；卷四为行星运动和交食。[①] 利玛窦在其札记中提到这本书的翻译时曾说："他（指李之藻）翻译了全部《〈天球论〉注释》，一点也没有遗漏。因在《几何原本》译成之后，李之藻又翻译了《圆容较义》及一部讲论星座之书。他据此而做的天球和地球仪，十分精美。"[②]将利氏所记与丁先生的著作做一对比，可以看出这一说法与事实基本吻合。因为《乾坤体义》和"一部讲论星座之书"[③]大致包含了《〈天球论〉注释》的主要内容。不过丁氏的著作篇幅浩大，利玛窦的翻译只能说是它的一部概要。

第二节　《天问略》

《天问略》是部问答体的著作，由葡萄牙籍传教士阳玛诺（Emmanuel Diaz，1574—1659，1610年入华）答周希令、孔贞时、王应熊问，1615年刻于北京。虽然它也是一部介绍欧洲中世纪宇宙理论和天文知识的书籍，但与《乾坤体义》的侧重点却有所不同，在阐述日、月运动及其相关天象方面比后者更为详尽。《天问略》一书共分为四章：第一章，《天有几重及七政本位》；第二章，《日天本动及日距赤道度分》；第三章，《昼夜时刻随北极出地各有长短》；第四章，《月天为第一重天及月本动》。



在《天有几重及七政本位》中，阳玛诺介绍了十二重天的宇宙体系（这一体系比《乾坤体义》中的十一重天多了一重岁差天），并给出了关于各重天存在的证明。《日天本动及日距赤道度分》首先介绍了赤道、黄道、太阳在黄道上的周年视运动、二十四节气、太阳赤纬等内容，然后以七政本天（包括日天）与地不同心解释了太阳的不均匀运动。这一不均匀运动反映在节气上，就是太阳自春分至秋分与自秋分至春分所需时间不同，各节气包含的时间也不同。阳玛诺就此指出西方等分黄道得出节气的方法不同于中国将一年平分为24段的节气划分法。并认为西法比中法为优。这一问题从此一再引起中西历家的争论。

---

① 此内容介绍以1585年版本为准。

② 参见 P. T. Venturi：*Opere Storiche del P. Matteo Ricci*，2vols，p：396，Ciorgetti，Macerata，1911.

③ 一种观点认为"讲论星座之书"即是《经天该》，参见本章第四节。

《天问略》对日食原理的解说，除了《坤舆万国全图》和《乾坤体义》已有的内容，又特别指明不是每次朔日，而是当日、月同经同纬时才会发生日食。对金、水不能蚀日的问题，阳玛诺回答皆因二星视径很小，只能如黑点掠过日面。在证明日大于地时，他还给出了30′的太阳视直径值。

《昼夜时刻随北极出地各有长短》一章除解释了昼夜长短随季节和纬度而变、日出入及昼夜时刻受时差影响而不同外，主要是以带时刻线的《曷挎楞马图》详细说明在赤道、京师（北极出地40°，见图5—5）、北极及其间各纬度如何求得各节气昼夜长短、日出入时刻和晨昏朦影时刻。指出赤道地区昼夜等长，随着纬度增高昼夜差加大，北回归线以上会逐渐出现无昼或无夜现象，至北极则半年为昼、半年为夜。本章最后还附有一份中国十五地区各节气日出入时刻及昼夜、朦胧影时间长短的表格。

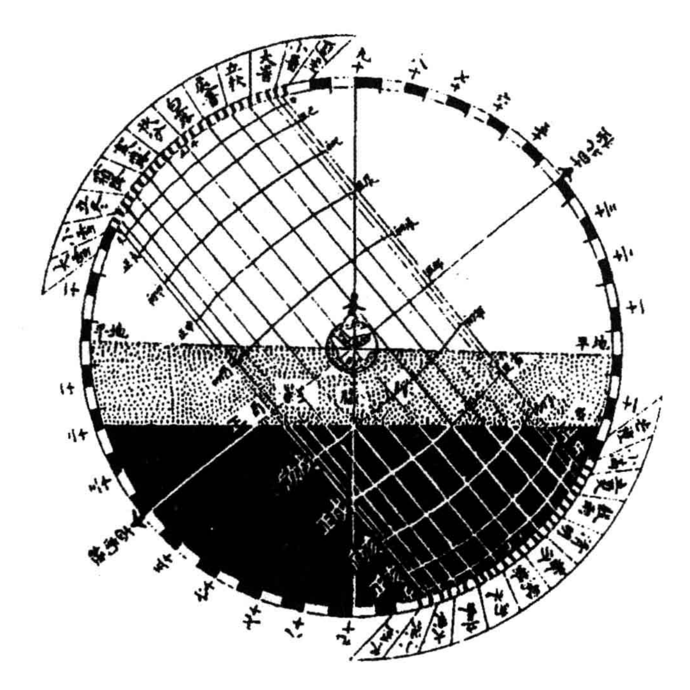


图5—5　北京地区昼夜长短图



在《天问略》第四章中，阳玛诺先以月能掩日、金、水星之光、同一地平高度太阳表影短于月亮表影证明月亮与地球最近，故在第一重天，然后解释了月亮沿白道的运动、月相、月食以及为什么不是每次望都有月食发生的道理。在涉及月食持续时间的问题时，阳玛诺引入了小轮理论，提出月亮除随月天运动外，还绕小轮运动，所以离地时远时近，入地影时深时浅，造成了月食持续时间的不同。此外书中还给出了一阴历月中每日月亮有光时间的图表，并以黄道与地面斜交角度对有时朔日过



后三四日才见月光做出了说明。

迄今为止,《天问略》一书被现代研究者引用最多的是它的结尾部分。这是一段涉及望远镜的文字。文中说:"近世西洋精于历法一名士,务测日月星辰奥理,而哀其目力尪羸,则造剏一巧器以助之,持此器观六十里远一尺大之物,明视之无异于在目前也。持之观月,则千倍大于常观。金星大似月,其光亦或消或长,无异于月轮也。观土星则形如上图,圆似鸡卵,两侧继有两小星,其或与本星联体否,不可明测也。观木星其四周恒有四小星,周行甚疾,或此东而彼西,或此西而彼东,或俱东俱西。但其行动与二十八宿甚异,此星必居七政之内别一星也。观列宿之天,则其中小星更多稠密,故其光体相连若白练,然即今所谓天河者。待此器至中国之日而后详言其妙用也。"阳玛诺此处提到的显然是伽利略从1609年起以新创制的望远镜获得一系列重大发现(包括金星位相、木星卫星、银河系恒星等)的事实。在当时条件下,这些新的发明和发现能在短短几年中出现于中文书籍,其传播可谓十分迅速。《天问略》一书也因第一次在中国提到望远镜而备受众人瞩目。

第三节　《寰有诠》

《寰有诠》是明清之际翻译出版的唯一的一部系统的西方宇宙学译著,全面地介绍了以亚里士多德宇宙学为基础的西方中世纪正统宇宙学理论,在西方天文学东渐的过程中占有十分重要的地位。

一、该书的一般情况

《寰有诠》共六卷,由傅泛际(F. Furtado)译义,李之藻达辞。明天启五年(1625)译竣,崇祯元年(1628)在杭州公开出版。



傅泛际,字体斋。1587年生于葡萄牙,1608年入修会,并在耶稣会立葡萄牙科因布拉大学(Coimbra University)研习哲学和神学,1609年毕业。1618年随金尼阁(N. Trigault)一行起程前往中国,1620年抵达澳门。不久前往嘉兴学习汉语,已而又赴杭州与李之藻同处,在那里与之合译了《寰有诠》及《名理探》等书。李之藻去世之后,曾往西安等地传教。1641年被任命为耶稣会中国北部教区区长,10年后又任教会视察员,1653年卒于澳门。

《寰有诠》的底本是傅泛际的母校科因布拉大学所编写的一套讲义中的一本,全名《耶稣会立科因布拉大学注解:斯达济亚人亚里士多德〈论天〉四卷》(*Commentarii Collegii Conimbrisconsis Societatis Jesv: in Qvatver Libros de Coelo Aristotelis Stagiritae*)。这套讲义实际是对亚里士多德全部主要著作的注解,最初大约

完稿于1560年，1581年左右受到了全面修改，1592～1606年在里斯本及科因布拉等地相继刊印。整套讲义共包括八部著作的注释，分五册装订。《论天》的注解与其他三部篇幅较小的著作被收在同一册里，于1593年首次在里斯本出版，具有自己独立的页码及封面。这部讲义曾被视为葡萄牙哲学领域中最完整、最系统的著作，参与编写和修改的人都被称为“科因布拉学派”。讲义出版后在欧洲流传甚广，曾在法国、德国及意大利等国多次再版，许多大学都曾以此为课本。在中国，除此书之外，明末入华传教士出版的《名理探》、《灵言蠡勺》和《修身西学》等书也都是译自这部讲义。

《寰有诠》的内容除第一章外，其余各卷大体与底本内容相符。第一卷讨论的主要是第一原因、上帝的存在、天主的全能以及上帝六日创造世界等问题，既非来自亚里士多德的著作，也非取自科因布拉注解，只能是翻译者所加。其余各卷虽与底本无大差别，但却也有细节上的改变和增补。例如，书中卷二的《不坏篇》里曾提到伽利略用望远镜发现太阳黑子及木星卫星的事。此事实际发生于1610年之后，因此肯定不是底本中原有的内容。又如，同一卷的《施用篇》里还引用过《周易》中“天施地生，其益无方”两句，这无疑也是翻译时所加。

从总体上看，《寰有诠》具有以下几个明显的特点：

第一，它的编写者不是职业天文学家，而是一些自然哲学家。

第二，它虽然是一部注释性的著作，但却以大量篇幅来阐述注释者本人对宇宙学问题的看法。全书以对《论天》原文的注解为主体，每篇注解之后一般都附有若干篇“随论”。每篇“随论”一般是首先提出一种正面观点，然后用一“驳”(对正面观点的反驳)一“正”(对正面观点的辩护)的形式展开讨论。所提出的正面观点实际是注释者自己想要说明的观点，它们有些与注释内容有直接联系，有些则没有，有些纯粹是注释者自己的发挥。

第三，书中所讨论的问题主要是诸如世界是不是上帝创造的、是不是永恒和圆满的，天球的层次与推动者、天界与月下界是否相同，天界有无生灭变化，天体对下界物体是否存在影响，大地是不是球形的、是否处于宇宙的中心，等等。所依据的著作主要是亚里士多德的《论天》，并且以他的《形而上学》、《物理学》、《气象学》以及《生灭论》作为补充，再加上《圣经》中的某些内容，形成了一个相当庞杂的知识体系。

这三个特点正体现了欧洲中世纪宇宙学的共同特征，表明《寰有诠》是一部典型的西方中世纪风格的宇宙学著作。

二、对《论天》内容的介绍

与亚里士多德把宇宙的物质基础归结为五种元素的做法相对应，《寰有诠》将



物质归结为“五大有”，即所谓“形天之有”(以太)与“次纯有”或“四元行”(四元素)。书中卷二至卷五共计有十篇，对应于《论天》BK.1 的 CH.1、CH.2 及 CH.3 三章的注解，后七篇依次是对《论天》BK.2 的 CH.3、CH.4、CH.6、CH.7、CH.8、CH.11 及 CH.12 七章的注解。第六卷共分五篇，依次对应于《论天》BK.3 的 CH.2、CH.4、CH.5、CH.7、CH.8 以及 BK.4 的 CH.1、CH.2、CH.3 八章的解释。此外，还有一些《论天》的内容受到了《寰有诠》“随论”的征引。例如，《论天》BK.2，CH.9 对“天球和声”的讨论在《寰有诠·星运篇·论天动有声否》中就得到了引用；《论天》BK.2，CH.10 对行星退行迟疾原因的解释在《星运篇·论七政在不均之动》中被全盘照搬；《论天》BK.2，CH.13 与 CH.14 两章对地球形状、位置及其运动状况的讨论则成为《寰有诠·轻重篇》的《四行皆圆》、《论地所以静》以及《论地心所在》三篇“随论”中的主要论据。

总之，出现在《寰有诠》中的《论天》的章节总共还不到该书四十章内容的一半。但是，尽管如此，除了没有涉及《论天》BK.1，CH.5～CH.10 中对宇宙有限性、惟一性及永恒性的论述之外，《寰有诠》已基本展示了《论天》中其他主要的宇宙学观点。只不过像西方中世纪的其他许多宇宙学著作一样，在《寰有诠》里，亚里士多德宇宙学已经被完全装入了基督教神学宇宙论的框架之中。而在翻译过程中，傅泛际又在该书的一开始(卷一)加上了整整一卷的纯宗教内容，使全书的宗教味更加浓厚。

三、对新学说的态度及与《崇祯历书》的关系

从《寰有诠》底本的写作、修订、出版，到它被译成中文刊行，这段时间正是欧洲宇宙学的重大变革时期。尽管《寰有诠》对这场变革最重要的一个主题——“日心地动说”的提出只字未提，但却较多地谈到了围绕新星和天球性质所出现的一些争论。不过，对那些有违正统观点的新学说，书中所持的基本上是否定态度。



例如，在《不坏篇·论天体所以不坏》中，该书叙述了欧洲学者围绕 1572 年新星所出现的意见分歧，其中包括第谷等人关于新星为天界物体以及不存在固体水晶天球的观点。但同时却极力为亚里士多德辩护，坚持主张固体天球的存在，极力维护天界永恒不变的观点，并把新星的成因解释为上帝的创造，还说什么“此中奥义，人不易晓”。

再如，对伽利略的望远镜天文新发现及其由此得出的“天体不实而浮，当属有坏”的观点也有所介绍，但拒绝接受这一结论，指出：“虽然，予唯从不坏之说而已。一则二千载至今性天两学(即物理学与神学)通论；一则物之定理，自超目识。盖人目距天甚远，目力所视有限，终未必无差也。”这段文字附在《不坏篇·论天体所以不坏》最后，明显非该书底本所有，而是翻译者自己所加，反映了部分入华教士对伽

利略发现及学说的态度，这部分教士对望远镜观测的可靠性大概都是大加怀疑的。

尽管《崇祯历书》采纳了第谷宇宙模型，公开肯定了伽利略的望远镜天文新发现，否定了固体天球的存在，并引入了开普勒等人在天体运行方面的一些新观念；但是，与此同时，在华传教士们并未将《寰有诠》中的观点完全抛弃。相反，在诸如天体的性质和运动特性之类的问题上，他们所取的仍旧是中世纪宇宙学的观点，甚至仍然把《寰有诠》作为第谷体系在宇宙学上的重要依据。所以《历书》在《五纬历指》中介绍了第谷宇宙模型之后说了这样一段话："此图（即第谷模型图）与古图（即同心球模型图）天数相等，第论五星行度，其法不一……（至）求宗动天之厚薄及诸天体、色等，自为物理之学，不关历学，他书详之，如《寰有诠》等。"这表明，在传教士们的心目中，《寰有诠》在《崇祯历书》的新天文学体系中仍旧占有十分重要的地位。

四、对中国学者的影响

《寰有诠》出版后在中国曾有过相当广的流传，无论是朝廷官员还是民间学者，许多人都有机会接触该书，有些中国学者不仅相当熟悉该书的内容，而且还对这些内容给予了高度的重视，甚至在自己的有关著作中对之大加征引，并加以讨论和阐发。例如，明末的薄珏就曾写过一组篇名与《寰有诠》内容完全吻合的著作；熊明遇在其《格致草》一书中也对该书内容作了大量转引，清初学者揭暄在《璇玑遗述》中对这部著作引用更多。不过，对书中所持的观点，这一时期的不同中国学者所取的态度也大不相同。例如，熊明遇对其中关于天球的层次、星体不存在自由运动、天体的组成元素与性质等问题的看法不仅不作鉴别，反而还对其中的某些观点进行发挥。而揭暄对自己所引用的内容则既有批判，又有吸收。例如，《寰有诠》中关于天层和星体及地球均为圆形的论述就得到了他的采纳，而关于固体天球及天体永恒等过时的观念的讨论则遭到了他的否定。[①]

第四节 《经天该》

前面介绍的几种著作主要涉及宇宙论及日月运动知识，《经天该》则是一部仿照古代《步天歌》，以七字一句的歌诀形式描述天空星座的书。该书中可计数的恒星共 1 185 颗，有三组（郎位、天将军、羽林军）未说确数。如果以《崇祯历书》星表中的郎位 10 星、天将军 19 星、羽林军 26 星计，其总星数应为 1 240 颗，比古代《步

---

① 关于《寰有诠》在中国的流传和影响，详见石云里：《〈寰有诠〉及其影响》。北京天文台主编：《中国天文学史文集》，第 6 辑，科学出版社，1995。



天歌》1 464 颗少，但比西方托勒密星表 1 022 颗多。[①] 按《步天歌》的传统，《经天该》把这些星所在天区分为三垣二十八宿，与前者不同的是，它的一些星座位置及所含星数有明显变动，此外还有 6 个星座为中国古代所未见。这些星座分别是：马腹（3 星）、马尾（3 星）、火鸟（10 星）、水委（3 星）和平衡、五隅。后两组星不见于《崇祯历书》星表，可能其中有误。前四个则来自西方星座。马腹、马尾分别是半人马座之腹和尾，火鸟即现今之凤凰。水委，西文原文本是欧洲一河流名，在此为宝瓶中倾出之水。显然，《经天该》的作者对西方星座知识是有所了解的。对此，清代学者梅文鼎在 1694 年为《中西经星同异考》作序时亦指出："今所传《经天该》之图[②]与其歌，皆因西象所列而变从中历之星座星名，即见界图之分形，其书似在《历书》未成之前。图星以圆空，去中法犹近，然与《步天歌》仍有不同者，或以西星合古图，而有疑似，不敢辄定，遂并收之，而有增附之星。或以古星求西图而弗得其处，不能强合，遂芟去之，而成古有今无之星。要之，皆徐、李诸公译西星而酌为之，非西传之旧。"由于《经天该》在形式上更接近中国古代传统，总星数又远少于《崇祯历书》，所以梅文鼎所言该书出于《崇祯历书》之前的推测已成为许多后继研究者的共识。

关于《经天该》的著者与确切年代，因其书不见于《明史·艺文志》，也无明本或清初本传世，所以至今尚无定论。但主要有两种说法，一为利玛窦（及李之藻）说，一为薄珏说。两说均首见于 1688 年成书的《中西经星同异考》。书的编者为梅文鼎之季弟梅文鼐。该书将古代《步天歌》与《经天该》对比排印，并注明其异同。这是目前所见《经天该》的最早版本。梅文鼐在书前"中西经星同异发凡"中说："其歌相传为利玛窦所撰，谓之《经天该》，与古歌《步天歌》不同，而其星体大小位置以及无名微星亦了若指掌，大致与恒星表相为发明，故亦附著古歌之后，而别之曰西歌。"隔几段落又有"《经天该》作于利氏初入之时"之语。但前一引文之后，另有两行小注云："《经天该》，一作《经天诀》，薄子珏撰。"这里薄子珏即指薄珏。

关于《经天该》的作者，方豪在《李之藻研究》[③]一书"李之藻撰《经天该》考实"章（该书第 85～96 页）中有全面考证。据方豪统计，认为该书作者为利玛窦，先有嘉庆中《艺海珠尘》的编辑者吴省兰，其所收《经天该》题为"利玛窦纂"。此后，伟烈亚力（Alexander Wylie）、高迪爱（Henri Cordier）、伯希和（Paul Pelliot）、文都利（Tacchi Venturi）、戴遂良（Leo Wieger）、徐宗泽和李俨等学者均采此说。1934 年 8 月，上海徐家汇汉学研究所为费赖之著《在华耶稣会士列传》作增补订误时，在利

① 薄树人：《明季天文学史上的几个问题》，见赵令扬、冯锦荣台编：《亚洲科技与文明》，144～146 页，香港，香港明报出版社有限公司，1995。

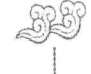
② 已失传。

③ 方豪：《李之藻研究》，（台湾）商务印书馆，1966。

氏所著书目中加入了："《经天该》乃以诗歌方式所撰星辰名录，李我存译(时在1601年阳历6月至12月之间)……"1945年，裴化行(Henri Bernard)也提到利、李共译之说，并认为译书时间为1608年。1947年，在京教士、北堂藏书馆馆长惠泽林(Hubert Verhaeren)以法文撰"《经天该》之研究"，收入其所著《中国公教典籍丛考》(*Notes Bibliog-Raphiques Concernant la Litteature Chrétienne de Chine*)。文中再次肯定了利、李之说。他最主要的证据是利玛窦在札记中曾提到李之藻翻译过一本讲论星座之书，由于译书时间在《圜容较义》前后，所以当在1608年。同一章节中利玛窦还提到，在北京时，冯应京愿出资刻印巨幅星座图，但因故未果(时间当在1604年前)。这说明利玛窦一直想向中国人介绍欧洲恒星系统。惠泽林认为，李之藻在译完西方星座后，又将中西双方星宿加以统一[①]，并根据西方之天文图，校正东方之天文图。而利玛窦和李之藻参考的书籍除前者手中丁先生的《〈天球论〉注释》[②]和比各乐米尼(Piccolomini)的《〈天球论〉四卷》(*de Sphaoem Libri Quatuor*)[③]外，可能还有巴耶耳(J. Bayer)所著《记载一切星座图表之天体学》(*Uranographia, Omnium Asterismorum Continens Schemata*)，因为此著作北堂收藏有两部，其中一部在小熊座与大熊座图上用红线联出了紫微垣，又在织女座内注有角宿和平道。由于当时没有皇帝钦准不能擅改天象图籍，所以《经天该》编成后并未付印，直到17世纪末才由梅文鼐为之梓行。而此时人们对其编撰者已不能有一个肯定的说法。

显然，惠泽林之说言之成理，因此方豪以及其后的很多研究者也都赞同此说。

关于《经天该》著者为薄珏说，《高厚蒙求》的作者徐朝俊、《四库简明目录标注》的作者邵懿辰在其著述中也曾提到，但内容都来自梅文鼐的《中西经星同异考》。1946年，王重民撰《〈经天该〉跋》[④]，重申此说。他提出，崇祯间，徐光启曾为与汤若望共制之《赤道南北两总星图》作序，序中并未言及《经天该》，但《经天该》或即成于彼时，撰书者必为一善读利、徐著作之人。因此"余以为归之薄珏，较利、徐尤宜"。此后，王先生又引述了黄宗羲所作"子一魏先生墓志铭"中"读书柳州，与长州薄子珏，务为佐王之学，兵书战策、农政天官、治河城守、律吕盐铁之类，无不讲求，将以见之行事"之句。魏子一名学濂，生于1608年，卒于1644年；其父大中，字孔时，1625年卒。曾与西教士往还，故其家必有西洋天文学图籍。魏学濂与薄珏读书柳



① 上海自然博物馆现收藏有潘鼐先生搜购的李之藻用过的《步天歌》刻本，上题"李之藻藏"四字行书。参见潘鼐：《中国恒星观测史》，338页，上海，学林出版社，1989。

② 见本章第一节。

③ 两书均有《托勒密星表》。

④ 见《上智编译馆馆刊》，1946，1(1)：19～20页。



州时在崇祯初，王重民认为薄珏作《经天该》当在此时。民国修《吴县志·艺文考》中，载薄珏著有《浑天仪图说》，王重民因疑《经天该》原在该书之内，有人将著者归之于李之藻，是因为后者译有《浑盖通宪图说》，“恐因书名相似而致误也”。

王重民的上述考证，有两点似可商榷。其一，以徐光启未在“星图”序中提及《经天该》来排除利、徐译书的可能性[①]，并不能直接导出薄珏说，因为还有利、李之说。其二，明清两代最早与薄珏有关的史料当属明末邹漪所撰《启祯野乘》中的“薄文学传”。清代以后地方志的材料大抵不出此传范围。从该传中可知薄珏是一个民间天文学家和机械制造家，其学问大多与刚传入的西方科技知识有关。比如他曾首创在火炮上安装望远镜，制作过星盘，并保存了多种论及西方科技的著述。在《启祯野乘》记录的薄珏身后所留书籍中，《浑天仪（器）图说》与《浑盖通宪图说》、《简平仪说》排列在一起。由于后两种书分别是利玛窦和李之藻、熊三拔和徐光启的译著，因此前者亦不能肯定为薄珏所撰。[②]

对于《经天该》的作者为薄珏说，薄树人[③]指出：《经天该》歌诀中多次使用含混的约数，如称郎位、天将军都为“数点”，羽林军为“纵横列”，另有“（贯）索外无名多累累”，（水位）“上下数颗难考订”（弧矢）“内外无名难究竟”。细察有关天区，的确有许多5～6等的小星，由于星光暗弱，受各种主客观条件的影响较大，观星多少时有涨落，故歌中约数正表明它是实测的结果。如果是抄自某个星表或星图，则每个数字都应是确切的。而据葡籍教士曾德昭（Alvarus de Semedo，1585—1658，1613年入华）所述[④]，李之藻视力极差，不可能胜任观星工作，应被排除在外。再者，西方17世纪的星图、星表均附有南极附近的星座，但《经天该》中却无此内容。利、李均有全天观念，不会不介绍南极诸星座。因此薄树人认为《经天该》为薄珏所作的观点也许是对的。而薄珏与西方传教士到底有何种关系，当是一个需要认真探讨的问题。



第五节 《浑盖通宪图说》

《浑盖通宪图说》是一部专门介绍星盘的制作及其使用的著作。全书由利玛窦

① 事实上此前从未有人将徐光启与《经天该》联系在一起。

② 汤若望曾作有《浑天仪说》，被收入《崇祯历书》内。

③ 薄树人：《明季天文学史上的几个问题》。

④ 裴化行：《利玛窦评传》，302页，北京，商务印书馆，1993。曾德昭写道：“刚认识神父之后，一直到生命的终结，三十多年中间他最重要的工作就是翻译我们的书。他干起来极其专心勤奋，无论在城里还是乡下，去拜会或赴一般宴会，他随时随地口袋都掖着书，即使坐在仆役们抬的轿子里边，他也还是看书写字。虽然他视力极为不便：瞎了一只眼睛，另一只视力极弱，以至于写字或看书，都必须把脸紧紧贴在纸上。”

口授，李之藻推演，1607 年初出版于处州（今属浙江省）。书中内容编译自丁先生的《星盘》（*Astrolabivm*）。利玛窦使用过的原本现在仍保存在国家图书馆[①]。该书为 1593 年罗马初版本，封面上有丁先生赠与利玛窦的亲笔题字（见图 5—6）。1597 年 12 月 25 日利玛窦曾于南京致函丁先生，告知收到此书。

CHRISTOPHORI
CLAVII BAMBERGENSIS
E SOCIETATE IESV.
ASTROLABIVM



CVM PRIVILEGIO

ROMAE,
Impensis Bartholomaei Graßi.
Ex Typographia Gabiana. M. D. XCIII.

SVPERIORVM PERMISSV.

(1291)

图 5—6　利玛窦译《浑盖通宪图说》之底本，下面是丁先生的亲笔题字



① 北堂藏书 1291 号。现存国家图书馆善本室。

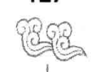


在《浑盖通宪图说》自序中，李之藻提到译书过程："昔从京师识利先生，欧罗巴人也。示我平仪，其制约浑，为之刻划重圆，上天下地，周罗星曜，背绾窥箫，貌似盖天，而其度仍从浑出，取中央为北极，合素问中北外南之观。列三规为岁候，遂羲和候星寅日之旨得未曾有。耳受手书，颇亦镜其大凡。旋奉使闽之命，往返万里，测验无爽，不揣为之图说，间亦出其鄙谫，会通一二，以尊中历……"李之藻1603年夏曾以福建学政身份赴闽，所以从上文可知他于此前已从利玛窦处学得星盘之使用，并在往返福建途中用于测验天象。

星盘是古希腊人发明的一种测天仪器，曾在欧洲和伊斯兰世界得到广泛使用。星盘的形制有多种，《浑盖通宪图说》介绍的只是其中之一。因为星盘是把天球投影在平仪上，于是李之藻借浑天之"圆"及盖天之"平"，将其命名为"浑盖通宪"，取其二者相通之意。

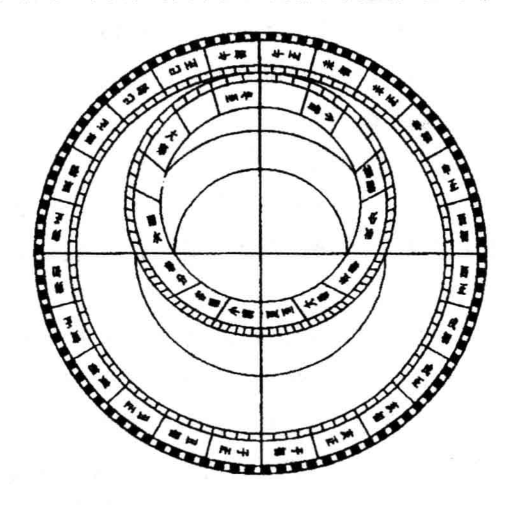
为说明星盘制作涉及的天球坐标系统，译者在卷首加入了一篇"浑象图说"，这里所指浑象与《坤舆万国全图》和《乾坤体义》中的"天地仪"或"浑象"是相同的，不过《浑盖通宪图说》对地平、子午、赤道、黄道、昼长、昼短、南极、北极各规环的介绍更详尽，而且还介绍了前者没有提到的月轮规和日轮规。月轮规是一离地最近的环，环上有一小圆称为月游轮，月亮附于轮上，可随其旋转，月游轮又可以随月轮规一起绕轴旋转，以演示月亮的运动。月轮规外是可绕轴旋转的日轮规，上附太阳，可以演示太阳的运行。二规同时旋转，则可以说明日月交食的原理。

卷首篇后，《浑盖通宪图说》分上、下两册介绍星盘的制作与使用。作者首先给出了仪器总图（见图5－7）。该图显示的星盘主体是一两面都有刻度的平圆板。仪背用于观测，上面安有一根能绕中心旋转的窥管。图中过中心的横线为地平线，垂线为天顶线。天顶方向有一提纽。将盘垂直悬挂，人目从窥管中对准太阳或恒星，就能够从盘边读出天体的地平高度。盘边刻度有五种，分别是二十四节气、二十八宿、十二地支、360°和$365\frac{1}{4}°$。另外仪背的地平之上绘有"六时晷影图"，用于一种将晨至昏均分为六时的特殊计时方法。下半部绘有"勾股弦度图"，用于测物体之远近高深。



如果说仪背的作用在于"测"，则仪面的作用就在于"量"。仪面在这里可以视做从天球之外、以北天极为中心向赤道面所做的球极平面射影图。它又被分成上、下两层。下层称为地盘。地盘上除了图中以北极为中心所画的赤道、恒显圈、恒隐圈外，还有依据使用地纬度、以球极平面射影法绘制的地平坐标网（见图5－8）。地平坐标网中有以天顶为中心的等高圈及方位角、晨昏朦影线、五更线等。仪面的上层称为天盘，它的主体部分是透明的，上面绘有标着二十四节气的黄道规和二十八宿亮星。天盘可以绕地盘上的北天极旋转，并有一根以北天极为枢的游尺。

使用星盘的主要方法是：先用仪背测出太阳或二十八宿某一亮星的地平高度，因为每日太阳平黄经是已知的，恒星位置也已标于天盘，所以转动天盘，将太阳或恒星的位置按其地平高度置于地平坐标网的等高圈上，从游尺过太阳指向外圈的刻度，即可读出观测时刻。同样的方法也可用于测量太阳和恒星的地平方位角。



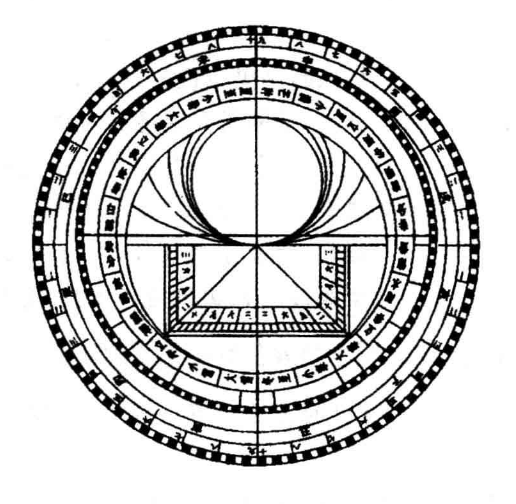


图 5－7　星盘总图



《浑盖通宪图说》的大致内容，就是分节介绍以球极平面射影法绘制盘面上的坐标网线和刻度。如怎样画赤道规、定天顶、画以天顶为中心的等高圈、方位角及五更线，如何画出天盘上的黄道规、标出恒星位置等。上述每一节都配以图形，并给出若干种方法供制作者选择。该书在最后又介绍了星盘的 20 余种用法。这些用法通常可以分为观测和演示两大类。除测时刻及方位角外，测子夜午中星求对



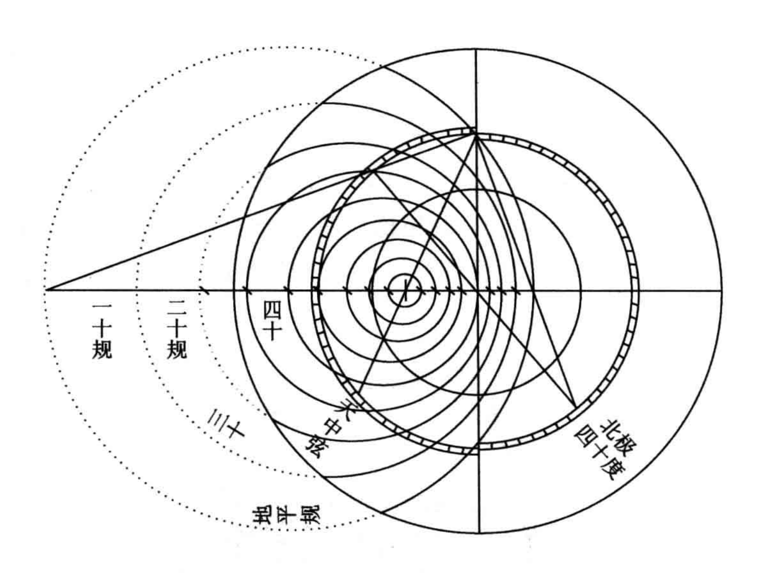
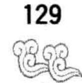


图 5—8　地平坐标网示意图

面太阳经度；知道太阳或恒星每日赤纬，用仪背测太阳或恒星过子午线时的高度，与其当日赤纬相加减，进而得出观测地纬度，也都是星盘用于观测的例子。

星盘作为演示仪器时，使用的是其仪面。例如，利用游尺将某日太阳位置对准一个选定的时间，就可以从地平坐标网上得知此时太阳及其他恒星的地平坐标。这种方法既能帮助初学者认星，也能表现每夜任一时刻的天象。又如把某节气太阳所在位置转至地平线，则可知其日出、入时刻和昼夜长短，还可知哪一恒星偕日升落。再如，将日、星移至子午线，数出它们到赤道的度数，可知其赤纬等，均显示了星盘的多种演示功能。



据《元史・天文志》的记载，星盘在元代即已传入中国，是札马鲁丁带来的七件阿拉伯仪器中的一件，称为“定昼夜时刻之器”。由于有关的数学知识及计算方法没有介绍进来，该仪并未获得重视。直到明末《浑盖通宪图说》译出后，星盘才为中国学者广泛地采纳和使用。

第六节　《简平仪说》

《简平仪说》，意大利来华耶稣会士熊三拔(Sabbathinus de Ursis，1575—1620，1606 年入华)撰，1611 年初出版于北京。按徐光启为本书所作序，熊三拔制成简平仪后曾呈与利玛窦，得到利氏嘉叹。后来熊三拔为徐光启讲解是仪，经后者记载而成此书。

在《〈浑盖通宪图说〉自序》中，李之藻曾称星盘为“平仪”。“简平仪”，顾名思

义，即应为一种类似于上述星盘，但形制更为简单的仪器。图 5－9 和图 5－10 是《简平仪说》给出的仪器图。该仪有上、下两面，分称上盘和下盘。图 5－9 是简平仪的下盘，也称天盘。其过圆心横线为极线，极线左边是北极，右边是南极。与极线垂直的为赤道线，赤道线左右是二十四节气线，过节气诸横线为时刻线。除却时刻线，这就是本章第一节介绍过的《曷捺楞马图》。此外按照说明，天盘上方左右两角还应各立一表，两表的连线与极线平行，称为“日景线”，对观测而言至关重要。

图 5－9　简平仪的下盘(天盘)





上盘亦称地盘(见图 5－10)，其过心横线和垂线分别代表地平线和天顶线。盘上半部平行于地平的虚线称为“日晷线”，下半部的垂直线称为“直应度分”。上盘轴心处当系一线，下拴重物，称为“垂权”，用于指示盘周刻度。

《简平仪说》共列举其用法 13 种，并以北京为观测地举例说明。这些用法依次为：①测太阳地平高度；②度量各节气太阳赤纬；③测正午时太阳地平高并定出子午线；④测当地纬度；⑤演示各地各节气昼夜长短；⑥演示各地各节气日出入时刻；⑦演示赤道及南、北回归线三殊域的昼夜寒暑变化；⑧演示各地各节气日出入之地平角度；⑨随地随节气利用北极出地度度量午正时太阳地平高；⑩作为日晷测时；⑪演示各地各节气太阳过卯酉圈的时刻；⑫证明地为圆体；⑬论证各地表景不同。

图 5－10　简平仪的上盘(地盘)

上文表明，简平仪的功用一方面是测日影，另一方面是作演示。下面简单地举几个例子，以示其详。

1. 测太阳地平高度及定子午线

将上盘地平线与下盘南北极线重合，使盘面平行于太阳光并与地垂直，转动盘面。当任一表之影与日景线重合时，垂权转过的周天度数就是太阳的地平高度。午正前后数次用此法测日高，则地平高度值最大的一次为午正初刻太阳地平高。若每次观测都立表记下日影方向，就可定出子午线。

2. 度量各节气太阳赤纬和当地纬度



设太阳每日在黄道上行一度，算出所求日到春秋分有多少天，循两黄道圈各自标出距赤道线相应度数的点，以直线连接两点，则直线所过之周天度数就是当日太阳赤纬。有了太阳赤纬，又有上一例午正初刻太阳地平高，还可以求出当地纬度。

3. 日出入时刻和方位角

知道某地纬度后，以上盘地平线与下盘相应的纬度线重合，从地平线与各节气交点可以得到日出入时刻、昼刻(地平线以上)、夜刻(地平线以下)；同时地平线下的“直应度分”可以指示各节气日出入之地平角度。

4. 日晷

先测太阳地平高度，然后依当地纬度将上下盘重合，这时与太阳地平高度相同的“日晷线”同本日节气线交点处的时刻即为观测时刻。

5. 论证地圆说

其方法大意是：用上盘地平线加于下盘南北极线，这时天顶线可以表示某人立

于赤道。根据经验,此人每向北(或南)走 250 里①,极出地差(和天顶线)就会变化 1°,走 22 500 里,变化 90°。如果地为平面而不是圆形,极出地度就不会如此均匀地变化。这就证明了地为圆体。而以天顶线绕转一周还可演示人环行地球一周的现象。

简平仪的形制不只一种,现藏于故宫博物院的清初所制同名仪器与熊三拔书中的简平仪就有很大不同。② 但是它们都省去了复杂的地平坐标网,这一点与上节介绍的星盘是有区别的。

第七节 《表度说》

《表度说》是熊三拔翻译的另一部天文著作。该书由周子愚、卓尔康笔记,1614 年初版于北京。书前有周子愚、熊明遇和李之藻的序。周子愚并于序中言及译书缘由:"余见大西洋诸先生,其诸书内具有此法,请龙精华先生译其书,以补本典,用备历元。龙先生然之。乃以其友熊有纲先生,即为口授,因演成书,以行于世……"

表,是一种用木或铜等材料制作的直立的杆。太阳光照在表上,会向观测面(多与表垂直)投射出一条影子,该投影的方向和长短能够指示时间、节气以及方向,《表度说》就是一部详细介绍表的原理和使用的著作。它首先分五题论证了表的原理。①太阳每日绕地作均匀圆运动,故地影也随其作均匀转动。②地球在天之中点。③地球小于太阳,从太阳轨道处看,地球止于一点。④地为圆体。对这个题目,熊三拔特别做了较为详细的证明。他先以时差说明地球从东向西为圆形(时差的存在以各地见月食时间不同予以验证),再以向南向北每行 250 里极出地差 1°、南北极诸星亦渐次隐见证明地球从南向北为圆形,合二为一,则地为圆体。熊三拔还以人目所及止于 300 里,两船从同一地点分别向东向西行,相遇时各自所算时间差一日作为地圆的旁证。并用"重心说"解释了在地球另一面的人何以能够站立。⑤地球与日地距离相比止于一点,则表端与地心无异。因此可随地随时立表取影,利用太阳的均匀圆运动,测得日行周天定度。



五题之后,介绍表影。该书介绍的表影分为两种:一立表于平地,所得表影称为直影;一立表于向日之端,表平行于地面,所得表影称为倒影。表长相等时,直影与倒影具有相反的变化规律。直影从日出时的无限长至 45°与表长相等至 90°时无影,倒影从日出时无影至 45°与表长相等至 90°时影长无限。利用这一点,在将表等

---

① 这是古希腊天文学家托勒密所采取的值,即经线上的 1°长 500 希腊里,并定 2 希腊里等于 1 华里。如按明尺 1 尺=31.1cm 计算,此处 1 华里为 0.466 5km。

② 参见《中国大百科全书·天文学》,简平仪图,460 页,北京,中国大百科全书出版社,1980。



分为12度后,书中给出了对应于太阳地平高度的影长表格。表的自变量是太阳地平高度,正向查为直影长,反向查为倒影长。其中影长以十二分之一表长(即表的一度)为单位。

明确了太阳高度与表影的关系,就可以将表用于观测。《表度说》共举出表的用法六种。①随时随地测太阳地平高度。这只需以表影长查表即可得出。②随时随地测当地午正初刻、当日太阳最高地平度并定方位。由于午正初刻时太阳在子午线上达到最高点,所以此题即为测午正初刻日影。首先立表于地,于午正前后测影数次并把表影端点标出。取表影最短时为午正初刻;以此最短表影查表得当日太阳最大地平高度;将表位与表影端点相连即为当地子午线。③随时随地测南北极出地度。先依前法测知午正日高,加减当日太阳赤纬,得赤道地平高,其余角即为所求。④随地测定节气。先从书中所给表格查得待定节气的太阳赤纬,将其与当地纬度的余角相加减,算得该节气午正日高,以此值查表得出相应表影长。测得午正初刻表影与其相符之日即是该节气初日。⑤用表的长度、影长及所测物体的影长确定该物体之高。⑥日晷。表最重要的用途之一就是作为日晷的一部分。熊三拔在此说明了表影长短随太阳周日运动有规律地变化,以及这种变化会随纬度和节气的不同而各异的道理。指出制作日晷的基本原理之一是:在知道某地每节气每时太阳高度后,以太阳高度与对应表影长之表格查出相应影长,待当日表影变为这一长度,即可获知其时刻。为进一步说明这一原理,书中举出了柱晷之做法(见图5－11)。

柱晷的主体是一圆柱。将上、下两圆周13等分,分点平行于柱体两两相连,所得13条直线,除夏至、冬至各为一线外,其余每线各与两个节气相应。柱晷所用表为横表,置于晷的顶部,表体平行于地面,有枢,可转动。



因为柱晷属于以影长量度时刻的一类日晷,所以需要有时刻线,做时先以书中专门依不同纬度给出的每节气每小时影长表将影长标在柱面节气线上,再将各节气标示同一时间的点以平滑曲线相连,即得各时刻线。使用柱晷,首先要确定观测日在哪一节气,及在该节气的第几日,转表加于晷端界这一日上。然后转动晷体使表对至太阳方向,令表影与节气线平行,表端所指即为时刻。

1607年,徐光启曾译有一本《测量异同》,书中也阐述了表的直影倒影原理,但在提到其用途时只限于测地面物体的远近高深。因此熊三拔的《表度说》实为详细介绍表在天文学中使用原理的第一部译作。

第八节　《日月星晷式》

明抄本《日月星晷式》是国内目前所见最早,也是最全面的介绍西方日月星晷

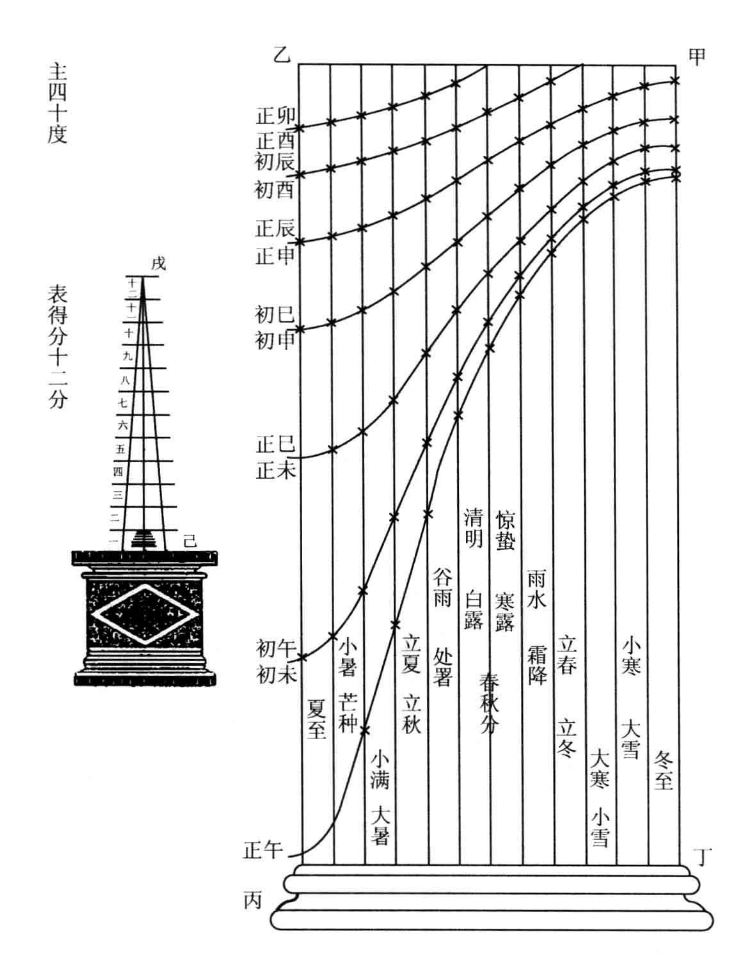


图 5－11　柱晷

的著作。这本书从内容上看是一本译著，它大体上可以分为三个部分。

第一部分名为《日晷图法》，共有三卷。卷一包括各种几何作图法、分度法、测北极出地度、定子午线、节气线、正表法等日晷制作所需的基础知识。卷二介绍了各式平晷（即地平晷）、面南天顶晷、百游赤道晷[①]、百游方晷（见图 5－12、图 5－13）、百游空晷、盘晷、百游盘晷、百游十字晷、百游四正向晷、百游四偏向晷、百游轮晷、面东面西面南晷。卷三为面南北偏东西晷、东西向上向下晷、南北向上向下晷、偏方向上向下晷。上述日晷朝向、式样各异，可供制作者在不同条件下选用。

第二部分包括面南、面北、面东、面西晷、偏方立晷、正方向上向下晷等日晷，正表法、定子午线法、量北极法、曷挎楞马捷法、分度法等制晷基本知识。其内容多与

① 百游晷即可随不同纬度调节的日晷，下同。



《日晷图法》的卷三和卷一重复，但是表述更加简明扼要。这一部分另有将圆作七、四十一、三十一、三十七、二十三、二十九、十七、十九、十一、十三界等边等角的"分圆法"，与日晷制作似无直接关系。

第三部分题为"日晷、月晷、星晷说"，根据序言，这是译者对亲手所做几具日、月、星晷的一篇说明，其中介绍了几种平晷、月晷、星晷和赤道晷，并附有昼、夜简平仪图。

日晷、月晷、星晷都是以天体周日运动为依据的计时仪器，由于这一运动相对赤道面是均匀的，所以这一类晷的制作关键是给出天球赤道坐标网在晷面上的投影，以利用表影方向指示时刻。《日月星晷式》详细介绍了这种投影的绘制方法，是在中国最早讲述欧几里德几何作图法的著作之一。

根据蔡应琦天启壬戌(1622)所作的跋，《日月星晷式》一书为上海陆仲玉抄录，后者生平背景不详。此外书中没有关于译者的任何说明。不过从该书举例均用北极出地40°判断，它的翻译地点应该在北京。而1622年以前[①]长期居住北京、有可能翻译本书的传教士只有利玛窦、龙华民、熊三拔和庞迪我。这其中，利玛窦在中国制作过大量日晷，并与李之藻翻译过讲论日晷之书。[②] 庞迪我和孙元化也曾译有《日晷图法》[③]，他们的译作与《日月星晷式》的关系仍有待进一步的研究。笔者曾按利玛窦在中国传教史[④]中提到的丁先生的*Gnomonica*(《日晷》)一书的书名，查阅了国家图书馆的北堂藏书，发现该书有多种版本传入中国，而且《日月星晷式》第一部分的卷二、卷三有三分之一的日晷可在其中找到对应图形，卷一的多数图示亦可见于丁先生的*Astrolabivm*(《星盘》)一书。如果这两部著作都曾为译者所参考，那么除此之外，《日月星晷式》还应有其他的原本。

目前可见以《日月星晷式》为名的著作仅有一部，现收藏于国家图书馆。北京大学图书馆另有归入《崇祯历书》名下、抄自日本的《日晷图法》四卷。[⑤] 书中除多了柱晷、圆中晷，并附有星晷、月晷外，其余部分基本与《日月星晷式》中的《日晷图法》相同。多出的部分，柱晷选自熊三拔翻译的《表度说》，星晷、月晷与《日晷月晷星晷说》中的观星方晷和月晷一致。由此推断，本书应是较后整理过的版本，这一



① 因为"南京教案"发生后，北京的教士均被押解广东，这一时间还可推至1616年以前。

② 关于利玛窦翻译日晷书一事，参见P. T. Venturi:*Opere Storiche del P. Matteo Ricci*, 2 Vols, p. 363, 395, Giorgetti, Macerata, 1911。其中文可见1986年(台湾)光启出版社和辅仁大学出版社联合发行、刘俊余等翻译的《利玛窦全集——利玛窦中国传教史》，第388页(书信集)和第371页(中国传教史)。但两段译文均有不准确之处。此外，还可参见裴化行:《利玛窦评传》，下册，572页，北京，商务印书馆，1993；方豪:《李之藻研究》，94页，(台湾)商务印书馆，1966。

③ 参见本书第四章第二节。

④ 见注②

⑤ 书后有天保五年(1834)长泽保模写字样。

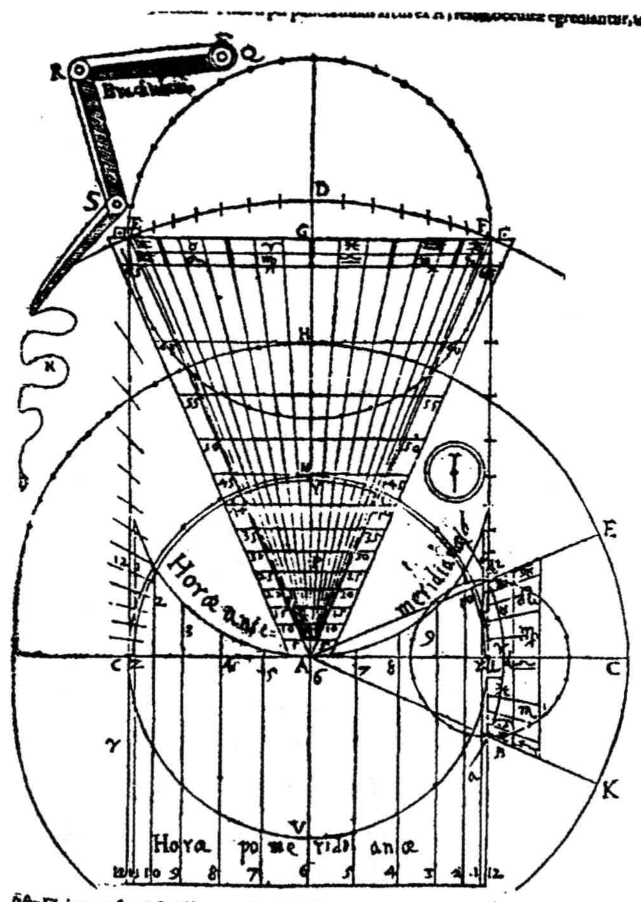




图 5－12 *Gnomonica* 中的百游方晷

抄本的原件可能保存在日本天理图书馆。据吉田忠昭和六十三年(1988)编辑的一份目录[①],该馆收有汤若望编著的《日晷图法》,属《崇祯历书》之一部。但此书名不见于一百三十七卷的《崇祯历书》进呈目录。

第九节 《远镜说》

《远镜说》,原本为 1618 年弗朗哥弗特(Francoforte)出版、瑟图瑞(Girolamo

① 吉田忠编。イエブス会士关系著訳书所在调查报告书。东北大学文学部附属日本文化研究施设,昭和六十三年三月。



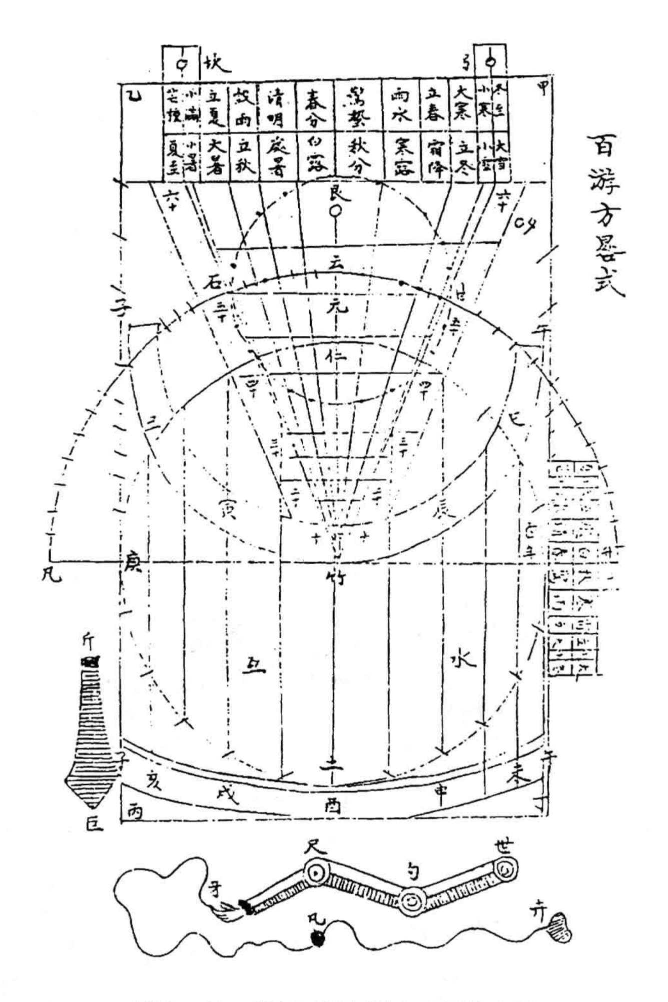


图 5—13　《日月星晷式》中的百游方晷

Sirturj)所著 *Telescopio* 一书[①]，1626 年由德国传教士汤若望(J. Adam Schall von Bell，1591—1666，1622 年来华)和李祖白共同翻译。[②] 该书大约有 5 000 字，分为：利用、分用之利、原理、造法用法，共四个部分，主要讲述伽利略式望远镜的原理、制作和使用。书中并附有望远镜外形图(见图 5—14)及其他示意图多幅。

"利用"一节在提到望远镜的用途时，罗列了用这一仪器可以观测到的天象，其中包括月球上的山脉、金星位相、太阳黑子、木星四卫星、土星旁两小星或二耳[③]以及多于肉眼可见"数十倍"的恒星等，均为伽利略于 1609—1611 年间以望远镜做出

① 方豪：《伽利略生前望远镜传入中国、朝鲜、日本史略》。见《方豪文录》，北平上智编译馆，1948 年。

② 李俨：《明清之际西算输入中国年表》，见《中算史论丛》，第 3 集，29 页，北京，科学出版社，1955。

③ 多年后才知道实为土星光环。

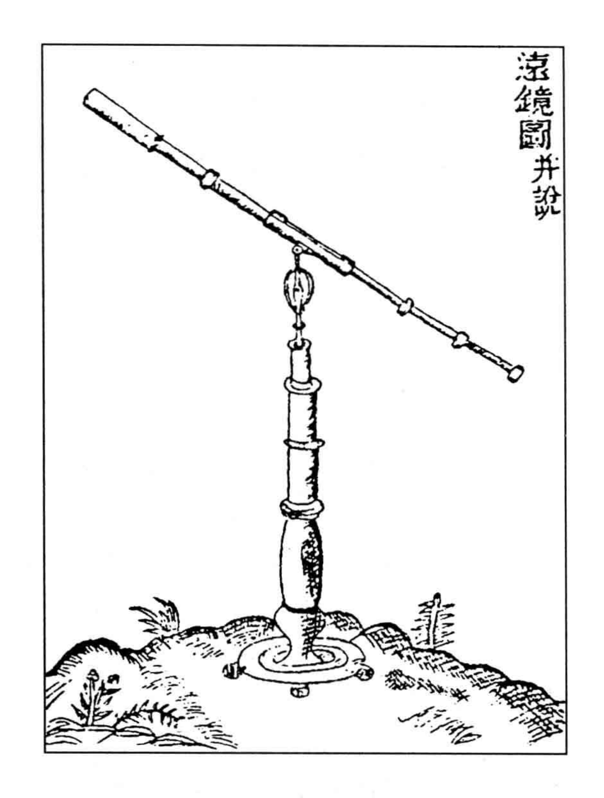


图 5－14　远镜图

首批重大发现中的天象。继 1615 年阳玛诺在《天问略》中的介绍之后，这是西方传教士对上述发现所作的最为详尽的一次解说。为使解说更加明确，文中同时还配备了若干精致的图形(参见图 5－15 和图 5－16)。

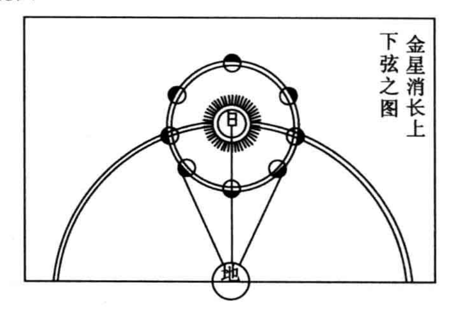


图 5－15　金星位相图

在"分用之利"节，作者指出远视者可以单独使用望远镜中的凸透镜，书中称之为"中高镜"，使近物发出的光线经透镜后平行入目。近视者则可单用其凹透镜，也即"中窪镜"，使远物的平行光经透镜后发散，物像从镜三角形入目，以合于近视眼的观物习性。文中还提到分用二透镜不如合用，合用适宜任何人。

在原理部分，汤若望首先指出远镜之玄妙全在于光的折射，书中称之为"斜透"。物体向各个方向发出射线，除直入透镜中央者，其余均不免屈曲，所以都有折射。他提到，欲使"像明而大者"，需二镜合用，理由有二：①远物发出的光线是平行的，入目也应平行，而凸镜只能使光线会聚、凹镜只能使其发散，俱不平行，因此只能二者合用。②以凸



镜视物，镜离目远时，只能见物之一部分，像大；镜离目近时，可见物之全部，但像小。以凹镜视物，镜离目远时，亦只能见物之一部分。镜离目近时，可视物之全部，且像大。“总之，分二镜而用之，则不免昏暗，套筒而合用之，则彼此相济，视物至大而且明也。”这里提到的一凸一凹两透镜组成的望远镜即为早期的伽利略式望远镜，不过以上述两点理由解释望远镜的原理并不全面。实际上，继伽利略式望远镜之后发明的开普勒式望远镜用的就是两个凸透镜。而纵观《远镜说》全书，无一确切说明望远镜原理的光路图，这大概也反映了当时欧洲光学发展的一种现状。

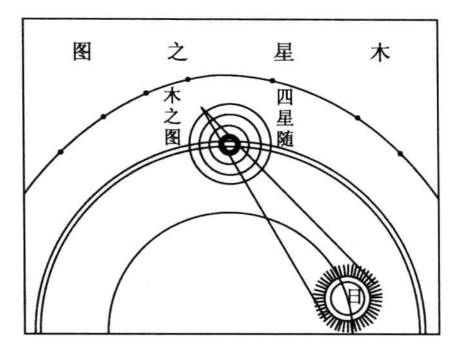


图 5－16　木星四卫星图

“造法、用法”一节给出的望远镜的造法是：“用玻璃制一似平非平之圆镜，曰筒口镜，即前所谓中高镜，所谓前镜也。制一小窪镜，曰靠眼镜，即前所谓中窪镜，所谓后镜也。须察二镜之力若何相合，若合长短，若合比例，若何苟既。知其力矣，知其合矣，长短宜而比例审也，方能聚一物像虽远而小者，形形色色不失本来也。”“镜止于两，筒不止于两，筒筒相套，欲长欲短，可伸可缩。”“镜筒相宜，以视二百步为定。则因之而视数十里、视天象、视地形无不同之……”书中还说明太阳、金星因光射明烈，须在近（目）镜上再加一青绿镜，或以白净纸置目镜下才可观测。

虽然作为介绍望远镜原理和制造的书籍，《远镜说》仍嫌简略，汤若望自己也说：“造镜至巧也，用镜至变也，取不定之法于一定之中，必须面授方得了然。若但凭书，不无差谬，今亦撮其大略而已。”但因为是首次较为系统地讲述望远镜的文献，该书对此后望远镜在中国的传播使用还是产生了很大影响。汤若望在这一传播过程中也扮演了重要角色。可能正是在他和罗雅谷（Jacobus kho，1593—1638，1624 年入华）的协助下，徐光启于 1631 年首次以望远镜观测了日食。[①] 1634 年，接替徐光启工作的李天经将“葺饰”过的罗雅谷、汤若望等人从其本国携来的望远镜呈览崇祯皇帝[②]。1644 年，汤若望又完成了自制望远镜一架。[③] 而在民间，苏州人薄珏于 1631 年制造了“千里镜”若干架，“镜筒两端嵌玻璃”，“望四五十里外如咫尺”。[④] 此后，随着传教士不断带入望远镜和民间制作活动的开展，这一近代观测工具开始在中国得到了广泛的使用。



① 李怀原编，徐宗泽增编：《徐文定公集・日食疏》，徐顺兴印刷所，1933。

② 李迪：《关于徐光启制造望远镜问题》，载《自然科学史研究》，1987(6)，4 页。

③ 林文照：《欧洲早期望远镜的传人和我国对它的仿制与研究》，载《中国博物馆馆刊》，1989。

④ 邹漪：《薄文学传》，见《启祯野乘》，卷六，清康熙五年重修本。

第六章 《崇祯历书》研究

第一节 《崇祯历书》的产生过程

明朝颁行的大统历,实为元朝郭守敬制定的授时历,只是换换名称,做了些次要修订。1385 年,当颁行大统历时就有人提出异议,但此议未被采纳。以后按大统历预报天象屡屡发生与实际天象不合,日月食预报误差可达一二刻,甚至更多。时有改历之议,早在 1523 年华湘就提议修改历法。1544 年郑王世子朱载堉献新历以促改历。但都以“祖制不可改”[1]、“古法未可轻变,请仍旧法”[2]而受阻。改历的建议得不到采纳,除了墨守陈法外,还有一个很重要的原因是,主张改历者明知大统历不合天行,但不具备改历的能力,这是明王朝禁止私习历法和禁止民间私习天文所造成的恶果,明成化年间主张改历的俞正己、万历年间朱载堉和邢云路等人提出的改历方案都未超出“授时历”。万历三十八年(1610)钦天监推算十一月壬寅朔(12 月 15 日)日食的食分和时刻,有重大失误,预报初亏时间比实际早了 30 分 20 秒;预报食甚时间在 3 时 42 分 36 秒,实际出现在 4 时整;复圆时间预报在 5 时,实际发生在日落之后,无法确认。这次严重失准,钦天监招来了朝官更加激烈的斥责,改历呼声更高。礼部动议征召知历者参与钦天监工作。于是五官正周子遇提出:“大西洋归化远臣庞迪我、熊三拔等携有彼国历法,多中国典籍所未备者,乞视洪武中译西域历法例,取知历儒臣率同监官将诸书尽译,以补典籍之缺。”[3]此议虽未被采纳,但日后礼部请徐光启、李之藻入京参与历事,徐光启、熊三拔与西方传教士同译西法,并研制小型天文仪器。意大利传教士熊三拔为明朝修历做了不少准备工作,他与徐光启合著《简平仪说》。简平仪为熊三拔自制的天义测量仪器,熊三拔给徐光启讲解该仪的结构原理,徐光启记录整理成书并刊印出版。简平仪置圆盘两个,以轴相连,可旋转。功能 10 余种,可测日地平高度,日出入时刻,北极出地高度等,徐光启认为刊印《简平仪说》是作为讨论修改历法的起步工作。另外,熊三拔还与他人合译了《表度说》,《表度说》中的西方天文学理论受到中国学者的重视,



① 《明史·历志》,卷三十一,第四页。

② 《明史·历志》,卷三十一,第四～五页。

③ 《明史·历志》,卷三十一,第十五～十六页。



尤其是地圆等学说。庞迪我与熊三拔同参与修历之事，做了些工作，但未留下著述。然而此次改历，以“南京教案”突发而停顿下来，致使改历又迁延20年之久。

直到崇祯二年(1629)五月乙酉朔(6月21日)，钦天监根据大统历推算日食，所推又造成失误，初亏和复圆时间皆与实际相差两刻，皇帝因此怒责钦天监，而此时担任礼部侍郎并兼任詹事府詹事等要职的徐光启已掌握了西方天文学的观测方法，依西法预推，北京、琼州、大宁等处的日食都得到了验证。长期参与编制大统历的钦天监五官正戈丰年据实奏称，大统历已颁行了260年，使用旧法，今后预报天象仍会失误。崇祯皇帝批准礼部建议，授权徐光启组织历局，进行改历，李之藻加以辅助，李因抱病应召，不久便病逝。历局成立后办公地点设在宣武门内东墙下的首善书院旧地。历局设置于此，其中重要原因可能是与当时的耶稣会传教士们相邻较近，便于修历。

徐光启督领修历后，拟定了译述应用和实测取证等有关课题，迅速制作所需天文仪器，并调集改历人事等。徐光启多年研习西方天文学，一直主张改历要参用西法，会通归一，使西法“能为我用”。崇祯二年九月历局组织就绪，庞迪我与熊三拔已先后去世，为此徐光启先后征召聘请了邓玉函、罗雅谷和汤若望共同译制《崇祯历书》。

邓玉函，瑞士人，来华传教士中科学水平居高。比利时传教士金尼阁在西方募集精装西书7 000多部，设想在中国建立一座图书馆，并于1619年7月15日运抵澳门。其中有哥白尼的《天体运行论》、开普勒的《哥白尼天文学概要》以及伽利略的部分著作等代表当时西方天文学最高成果的书籍，这是中西天文学交流史上一件重大事件。有人认为，邓玉函在其中鼎力相助，帮助筛选，起到了金尼阁无法起到的作用。邓玉函在中国最大的贡献是在编译《崇祯历书》方面。历局成立后，邓玉函与意大利耶稣会士龙华民加入历局。邓玉函参与《崇祯历书》总体框架设计，这是一项基础性很强而又十分繁重的工作。邓玉函入历局半年多，译著了《测天约说》二卷、《大测》二卷等，这些都是带有概论性的基本论述。另编各种换算表十卷，如《黄赤距度表》、《正球升度表》等，并指导历局人员制造天文仪器。

不幸的是，邓玉函入历局不到一年就病逝。徐光启对邓玉函评价很高，他对皇帝说：“此臣历学专门，精深博洽……”[1]邓玉函去世后葬在阜成门外，是继利玛窦之后第二位在北京赐葬的传教士。

邓玉函去世后徐光启又聘请了德国传教士汤若望、意大利传教士罗雅谷入历局。

---

① 王重民辑校：《徐光启集》，344页。

罗雅谷原在开封传教，奉调于1630年8月9日到京。罗雅谷从赴京修历到《崇祯历书》编成为止，在历局任职八年，主要负责编译与行星、日躔、月离等有关部分，对《崇祯历书》贡献甚大。出于其手成稿的有《月离历指》四卷、《月离历表》六卷、《五纬总论》一卷、《日躔》增一卷、《五星图》一卷、《日躔表》一卷、《火水土二百恒年并周岁时刻表》三卷、《五纬历指》八卷等近三十卷。并与汤若望共同指导历局他人推算编辑共成书四十余卷。值得注意的是，在《五纬历指》卷一"总论"中，以对话的形式向中国介绍了"日心说"。当时罗马教廷禁止宣传"日心说"，伽利略也为此被判终身监禁于家中。罗雅谷敢于此时期宣传"日心说"，可见他敢于坚持科学真理的精神。

汤若望在历局供职时间最长。于1631年1月奉诏入历局。主要负责恒星、交食等有关部分的编译工作。汤若望先后撰有《浑天仪说》五卷、《星图》八幅、《恒星表》五卷、《古今交食考》一卷、《交食历指》七卷、《恒星出没》二卷等数十卷。汤若望还是保护《崇祯历书》的功臣，在明清之际战乱时，他始终居住在南堂内，精心保护历书刻版。在清兵入城后，冒险上疏清摄政王多尔衮恳请皇上恩准居住，以保住历书刻版，最后获清政府的允许，使《崇祯历书》能在清朝得以实施。清政府建立后，急需新历法颁行，以新天下人耳目。汤若望不失时机地、准确无误地依西法推算出清顺治元年(1644)农历八月初一丙辰的日食。而依大统历推算误差两刻，依回回历推算误差四刻，而汤若望的推算数据经大学士冯铨等人登观象台验证，十分准确。致使清廷将《崇祯历书》定名为《西洋新法历书》而颁行天下。当然为历书颁行，汤若望又一次做了不少工作。

《崇祯历书》的主译工作是由上述三位传教士来完成的。在改历的过程中，不少人思想守旧，固执己见，不断反对用西法改历，徐光启为此做了许多工作。在译西方天文学著作过程中，都是采用西方传教士口译表述，历局工作人员翻译成中文，最后由徐光启润色加工校订，并进行天文实测加以验证。为了将西学的优越性显示给保守派，也为验证西法的正确性，徐光启带领历局工作人员在译著的数年中，多次用新法观测日月食，从崇祯二年到七年先后推算两次日食、六次月食，并同时用大统历及回回历进行预推，届时，历局工作人员会同钦天监人员，一起在观象台进行实测，校得了西法的准确性。

徐光启在改历的过程中做了大量组织和文稿审订工作，为了审订历书呕心沥血，每卷易稿多次，一百多卷的天文巨著，又多为西学理论及以此为依据的表格，对徐光启来说，辛苦劳累显而易见。徐光启日常公务繁忙，且已年逾古稀，他常常修历至深夜。徐光启作为礼部尚书和历局的领导者，又承担历书的最后定稿工作，对历书的完成起了主导作用，这是无可争议的。经过近一年的辛劳，徐光启由于年老



再加修历的艰辛而病逝。但这时历书的修正方案都已基本形成，并已三次向朝廷进呈历书七十余卷。第一次进呈历书的同时，还呈有《历书总目表》，这是全书的总纲，在《历书总目表》中，徐光启首先叙述了中国改历的历史，指出这次修历采用西法作为指导。他认为西法不仅为目前必验之法，又可为二三百年不易之法。徐光启临终前，为历局安排了两件事：一是荐请李天经主持历局工作，二是上疏请求对在修历工作中有贡献的人给予"恩叙"。从徐光启的《治历已有成模恳祈恩叙疏》中的请功名单中，可以了解当时历局有关工作人员及其贡献。徐光启于1633年11月8日逝世，翌年李天经从山东调入北京，继续督修历法。在李天经督历期间，又两次向崇祯进呈历书六十来卷。

五次缮写进呈历书共一百三十七卷。第一次1631年2月28日，书目为《历书总目》一卷、《日躔历指》一卷、《测天约说》二卷、《大测》二卷、《日躔表》二卷、《割圆八线表》六卷、《黄道升度表》七卷、《黄赤道距度表》一卷、《通率表》二卷。1631年8月27日第二次进呈，书目为《测量全义》十卷、《恒星历指》三卷、《恒星历表》四卷、《恒星总图》一摺、《恒星图象》一卷、《揆日解订讹》一卷、《比例规解》一卷。1632年5月22日第三次进呈，书目为《月离历指》四卷、《月离历表》六卷、《交食历指》四卷、《交食历表》二卷、《南北高弧表》十二卷、《诸方半昼分表》一卷、《诸方晨昏分表》一卷。第四次和第五次进呈历书为李天经主持编撰。1634年8月13日第四次进呈书目为《五纬总论》一卷、《日躔增》一卷、《五星图》一卷、《日躔表》一卷、《火木土二百恒年表并周岁时刻表》三卷、《交食历指》三卷、《交食诸表用法》二卷、《交食表》四卷、《黄平象限表》七卷、《木土加减表》二卷、《交食简法表》二卷、《方根表》二卷、《恒星屏障》一卷。1635年1月2日第五次进呈书目为《五纬历指》八卷、《五纬用表》一卷、《日躔表》二卷、《交食蒙求》一卷、《古今交食考》一卷、《恒星出没表》二卷、《高弧表》五卷、《五纬诸表》九卷。



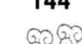
虽记载五次进呈历书共一百三十七卷，但崇祯时付梓明刻本，清顺治二年的汤若望补刊本，清康熙十七年南怀仁序题补刊本，都未达到一百三十七卷，可见在历书出版时，还有分合补增等调整。

《崇祯历书》纵向为基本五目：法原（天文学的基本理论）、法数（天文学用表）、法算（作为天文学计算所必需的数学知识，主要是引进西方的几何学、球面三角学、三角函数和对数等）、法器（天文仪器知识）、会通（中西各种换算表）。法原部分计有四十多卷，占全书约三分之一的篇幅，是《崇祯历书》的核心部分。其中系统地介绍了西方古典天文学的理论和方法，着重阐述了托勒密、哥白尼以及第谷三人的工作；横向为节次之目：日躔历、恒星历、月离历、日月交会历、五纬星历和五星交会历。

在《崇祯历书》编撰期间，以徐光启为首的改革派与守旧派的争论，一直进行着，此后这种争论又持续十年之久，崇祯帝虽对西学有好感，且支持徐光启采用西法编制历书，但由于受守旧派等方面的牵制而犹豫不决，到皇帝深知西法果密而下诏时，已到亡国前夕。前面已提到清朝刚刚建立，汤若望就将《崇祯历书》进行了修订，并献给清廷，顺治皇帝御笔题名为《西洋新法历书》，刊行于世。1645 年，清朝决定颁布用西法推算的《时宪历》。这部历法一直沿用到民国初年。

第二节 《崇祯历书》中的宇宙模式

席泽宗在其《十七、十八世纪西方天文学对中国的影响》一文中，高度概括出 17、18 世纪西方天文学在中国传播的六个重大方面，其中第一条是“引入了欧洲古典的几何模型方法”、“最先是以第谷体系为基础的，但也包括托勒密、哥白尼等人使用过的一些几何方法”、“几何模型方法成为清代(1644—1911)官方天文学的理论基础达两个多世纪之久”。[①] 论及《崇祯历书》中的宇宙模式，其实指的就是 17、18 世纪西方为宇宙勾画的几何模型，对此国内外学者发表过很多篇高水平的论文。江晓原，在《明末来华耶稣会士所介绍之托勒密天文学》一文中这样写道：“西方古典天文学在数千年的发展演变过程中，虽然出现过多次革命，但‘其最基本的思路与方法都早在喜帕恰斯时代便已确立’。这就是：在已有实际观测资料基础上，用数学方法构造模型，再用演绎方法从模型中预言新的天象，这些预言的天象被新的观测证实，就表示模型成功，否则就修改模型。在现代天体力学、天体物理学兴起之前，模型当然都是几何模型。”[②]江晓原的概括是恰如其分的。在中国古代对宇宙的认识，可以说不是建立在几何模型基础上的，它是以数学为基础的一种探索宇宙方法。讨论《崇祯历书》中的宇宙模式实际上就是讨论西方几何模型在天文学上的应用，而且更为贴切，更容易说明《崇祯历书》中所涉及三种宇宙模型不论如何改革，后者总有前者的痕迹，不能彻底脱离出的原因。著名的西方古代数理天文学史专家诺伊吉保尔(O. Neu gebauer)指出：“……直到望远镜和牛顿力学的概念开创了全新的可能性之前，这一状态普遍存在。”[③]



《崇祯历书》中的宇宙模式以第谷的宇宙模型为主，涉及托勒密的和哥白尼的两种宇宙模式。历史事实还表明，第谷的宇宙模型保持清代官方天文学的理论基础的地位达两个世纪之久，当时先进的哥白尼宇宙模式未能占据应当属于它的地

---

① 席泽宗：《十七、十八世纪西方天文学对中国的影响》，载《自然科学史研究》，1988，7(3)：237 页。

② 江晓原：《明末来华耶稣会士所介绍之托勒密天文学》，载《自然科学史研究》，1989，8(4)：313 页。

③ *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. p. 838，*Spring-Verlag*，1975.



位。但是，翻阅过历书的学者也可以一眼看到历书中介绍托勒密宇宙模型的篇幅不亚于介绍第谷宇宙模型的篇幅。形成这种格局，寻求其原因所在只有分析历史，从历史的变革中得到答案。

托勒密是古希腊天文学家的杰出代表人物，托勒密的宇宙体系——“地心说”，是对前人天文学成就的继承和总结。由于他卓越的工作，最终确立了“地心说”的本轮一均轮体系。托勒密地心宇宙模式统治欧洲天文学达 1 400 多年，它几乎是“希腊古典天文学的”同义语。然而，托勒密地心体系承袭希腊几何学演绎的方法，如前所述，实际上是一个对宇宙认识的几何模型，其特点是用周密的不同心圈和小轮臆说，解释并预测天象，不符天象时，增加本轮(小圈)，托勒密花了很多的工夫增加众多的不同心圈和小轮，以保住天体不规则的运动与其理论相符。然而随着天文观测仪器的发展，观测精度愈来愈高，积累的观测误差愈大。本轮愈加愈多，本轮甚至增加到几十个，即使这样，还是不能满意地解释某些天文现象。公元 1543 年，哥白尼在犹豫踌躇 30 余年后，临终前出版了其不朽的巨著《天体运行论》，向世人宣布了震撼世界的——日心体系。哥白尼日心体系的伟大功绩在于奠定了通往近代天文学的道路，是一场天文学发展史上的伟大革命。然而，日心体系公布于世后，遇到来自托勒密“地心说”坚固地位的阻力，而且“日心说”还有待进一步得到实测验证。首先是恒星的周年视差，如果地球绕日旋转，在地球上必定能够观测到恒星的周年视差。但是到“日心说”公布于世的那时止，任何人还未观测到这种视差。哥白尼生前为了证明自己学说的正确性，曾在弗洛恩堡教堂的箭楼前做了较长时间的观测，当时仪器原始简陋，导致观测未获成功。以后伽利略、赫歇耳都曾尽了努力，也以失败告终。发现不了恒星周年视差，是反对“日心说”的最有利证据。直到 1838 年，德国著名天文学家贝塞尔(F. W. Bessel，1784—1864)发现了周年视差，“日心说”才取得了最后的胜利，这时“日心说”问世，已经过去了近 300 年，我国已进入清朝末期。当然，1725 年英国天文学家，格林尼治天文台台长布拉德莱(J. Bradley，1692—1762)在寻觅恒星周年视差没有进展时，却意外地发现了恒星周年光行差，这也是支持哥白尼日心理论的强有力证据，至此“日心说”诞生也已近 200 年了，我国也已进入清初，《崇祯历书》早已编纂完毕。在此之前，始终缺少地球公转的直接证据，沉笨的地球可以绕着太阳旋转，在那个时代是不可思议的，加之发现不了周年视差，更是难阻非议。另外，哥白尼体系的精度不高和宗教神学保守势力的极力反对都影响了“日心说”的传播。

丹麦天文学家第谷(Tycho Brahe，1546—1601)以其勤奋精密的观测著称于世。在汶岛天文台，他利用自己设计制造的古典天文仪器加上他天才高超的观测技术，坚持观测 20 年，观测精度达到 4 角分以下。他试图在自己的观测中，寻找恒



星的周年视差，以判断“日心说”和“地心说”谁是谁非，最终未能发现恒星的周年视差。不过通过观测，他发现了行星绕太阳运转。他崇敬哥白尼，但没有确凿的直接证据，因此没有接受日心说。他同样认识到托勒密的地心体系山穷水尽，已是日落西山。于是他于1582年提出了介于托勒密和哥白尼体系之间的一个折中的宇宙模型，称之为第谷宇宙模型，第谷宇宙模型是天文学发展史上一个阶段性产物。第谷宇宙模型诞生时，中国已进入明朝末期，这个模型在欧洲并未能传播开来。

从上述西方三种宇宙模型的发生发展来看，当时西方传教士入华时，哥白尼“日心说”未取得彻底的胜利，而且受到各种保守势力（其中包括学术界的保守势力）的阻力，第一位入华的意大利人利玛窦(1582)在罗马学习的是托勒密的“地心说”，哥白尼学说还未登上课堂，第谷宇宙体系诞生的那一年，利玛窦已到达了澳门，可以说利玛窦在当时并不十分了解“日心说”和第谷宇宙模式。经过多年在中国的活动，以及与中国各界人士的接触，利玛窦更多地了解了中国的国情，他认为传教的最有效方式应为“学术传教”。所谓“学术传教”，除了穿儒服戴儒冠，起汉名，说汉语，写汉字外，就是在传教过程中，传播西方科学文化，博取中国人的赞赏和尊敬。“学术传教”客观上促进了中西文化的交流。例如比利时人金尼阁就是坚持维护利玛窦路线的人，并致力于西学东进。金尼阁漫游德、法、意、比、西、葡等多国，募集精装西书7 000多部，于1619年携书东渡，其中就有哥白尼的《天体运行论》和开普勒的《哥白尼天文学概要》。当时，哥白尼的《天体运行论》已被列为禁书，伽利略已受到不许宣传“日心说”的警告。在这种形势下，把《天体运行论》带入中国，表明西方科学工作者敢于宣传科学真理。在明末清初入华的许多传教士中，有不少学识渊博，在国内受过很好的教育。在编纂《崇祯历书》时，在历书中最终采用第谷体系为这本巨著的理论基础，就是参与编辑历书的西方传教士与徐光启等中国天文学家经过分析而选择的。《崇祯历书》在当时的历史背景下选用第谷体系作为该书的理论基础还是顺乎情理的，基本上与当时人类对宇宙的认识相吻合。在历书中作者们用了大量的篇幅介绍了托勒密的地心体系，反映了托勒密天文学在西方古典天文学中的地位，况且，日心体系的几何模型并未摆脱不同心圈和小轮体系的思考模式。在开普勒行星三定律发现以前，不论是相信“地心说”还是“日心说”，西方天文学家始终采用着同样的思路和方法去解决具体天文问题。这就使得《历书》虽以第谷体系为基础，但天文课题处理中都谈及三种宇宙体系，并做出比较。下面将就《历书》中的宇宙模式内容进行梗概介绍。因为整本历书一百多卷，从头至尾贯穿着这些内容，不可能叙述全面。笔者的主要参考书是商务印书馆影印的文渊阁四库全书的《新法算书》。

《崇祯历书》从编纂至问世这段历史时期，正处于西方天文学激烈变革的时期，



在历书中，处处都带着这种历史痕迹。笔者同意许多学者专家的一致观点，历书是以第谷折中的宇宙模型为理论基础的，认为第谷体系是正确的宇宙理论。因此，历书中几乎所有的天文数据都是在第谷宇宙模型的基础上编纂出的，在此不必多举实例，翻开历书随处可见。但是由于西方天文学刚刚诞生哥白尼日心说，托勒密地心体系的地位还很顽固，因此，历书中在处理每一个天文课题时，都同时涉及三种宇宙模型为理论的图示或计算加以对比。江晓原在其《明末来华耶稣会士所介绍之托勒密天文学》一文中，这样写道："许多课题的处理中都遵循如下程序：先介绍托勒密的观测记录和数字处理，次介绍哥白尼的，最后介绍第谷及其学生的。这种现象在行星运动理论中表现得尤为明显。"① 林新贤在《罗雅谷传译历学新法的特征——以〈五纬历指〉土星历为例》一文中，这样写道："在历法法原方面，仍以托勒密理论为起点，采撷部分哥白尼和第谷理论，用以弥补托勒密旧法之失。在历法法数方面，则以第谷及门人所完成的历表为本……"② 从上述可以看出《崇祯历书》中反映出当时西方天文学三种宇宙模式的深刻的斗争。

作为《崇祯历书》理论基础的第谷体系，在《五纬历指》卷一《总论》中，有十分精辟概括的文字叙述；在卷二到卷八中，用第谷体系理论的几何模型解释五大行星的各种运动以及产生的天象；整个历书的天文数据均是在第谷体系的基础上编纂出来的。

在《崇祯历书》的《五纬历指》卷一《总论》开篇中，有一幅名为《七政序次新图》（见图 6－1），这是一幅描述第谷体系的几何图。书中有文字说明："新图则地球居中，其心为日、月、恒星三天之心。又日为心，作两小圈为金星、水星两天，又一大圈，稍截太阳本天之圈，为火星天；其外又作两大圈，为木星之天，土星之天。"③ 新图说明是日、月、恒星绕地球运行，五大行星绕太阳旋转并与日同时绕地旋转。这就是托勒密地心体系与哥白尼日心体系的折中体系。并且言明："诸圈能相入，即能相通，不得为实体。"④ 推翻了托勒密的"各星自有本天，重重包裹，不能相通"⑤ 的理论。为了论证第谷体系正确，编者在《总论》中介绍第谷体系几何模型的同时，还列举出伽利略的最新成果"金星位相"变化来支持自己的观点，因为用已过时的托勒密体系无论如何也是无法解释这一天文现象的。"总论"中写道："用望远镜见金

① 江晓原：《明末来华耶稣会士所介绍之托勒密天文学》，载《自然科学史研究》，1989，8(4)：307 页。

② 林新贤：《罗雅谷传译历学新法的特征——以〈五纬历指〉土星历为例》，见《近代中国科技史论集》，102 页。

③ 《新法算书・五纬历指》，卷一，《总论》。《四库全书》，文渊阁影印本，商务印书馆，788～634 页。

④ 同上，788～633 页。

⑤ 同上，788～633 页。

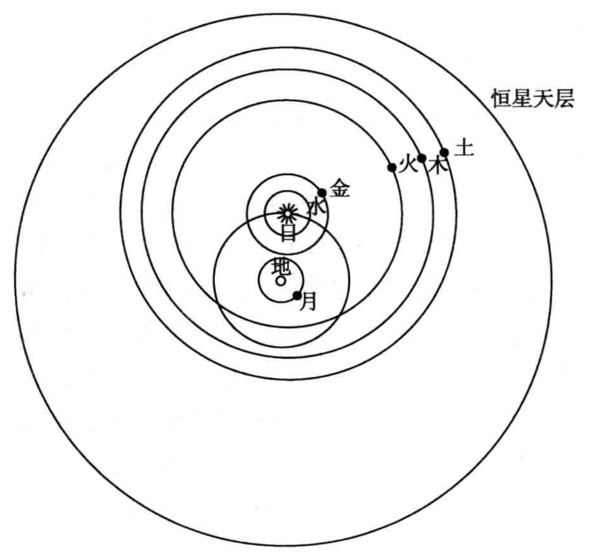


图 6—1 《七政序次新图》示意图

星如月，有晦朔弦望，必有时在太阳之上，有时在太阳之下……”[①]托勒密体系的金星永远处于太阳之下。另外，第谷在1577 年对彗星的观测以及 1582 年 11 月到 1583 年 4 月间对火星冲的观测发现火星此时距太阳要近这一事实的基础上，否定了托勒密的地心体系而提出新体系，这一点在《崇祯历书》的《五纬历指》卷四中也有描述：“火星独对太阳时，其体大，其视差较太阳为大，则此时庳于太阳。”[②]

在《五纬历指》的《土星》卷、《木星》卷、《火星》卷、《金星经度》卷、《水星经度》卷、《五纬纬度》卷中，以相当的篇幅，用第谷的几何模型来描绘五星的运动规律，并与托勒密、哥白尼的理论加以对比，来阐述新理论。在这些卷里，多处引用了有利于支持新理论的伽利略的观测新成果。在《火星》卷中追述了第谷对火星长达 20 年之久的辛勤观测，并给予了很高的评价。

《历书》中这样写道：“第谷二十年中，心恒不倦，每夜密密测算，谋作图法，未竟而毙。其门人格白尔（指开普勒）续之，著为火星行图一部，分五卷七十二章。”[③]其后开普勒利用其杰出珍贵的观测资料著出了《火星行图》，指的是《火星论》。“金星经度”一章中，用专门的几何图形表示出金星位相是如何形成的。并写道：“试测金星……用望远镜窥之，必见其体其光皆如新月之象。”[④]“故金星以太阳为心，月在太阳人目之间，则无光，金星在太阳人目之间亦无光……”[④]接着又写道：“按古图不析其理，虽千百世，不能透其根也。”[⑤]在此，编者揭示出金星形成位相的道理，与人们用肉眼看到月相变化一样。月绕地球旋转形成位相，金星绕太阳旋转也形成位相，这是推翻托勒密地心体系的很有力的天象证据。



《五纬历指》数卷中用几何模型描绘五行运动的图形很多，不再一一例举说明，

① 《新法算书·五纬历指》，卷一，《总论》。《四库全书》，文渊阁影印本，商务印书馆，634～788 页。

② 同上，634～788 页。

③ 《新法算书·五纬历指》，卷四，“火星”，685～788 页，北京，商务印书馆。

④⑤ 《新法算书·五纬历指》，卷五，“金星经度”，703～788 页，北京，商务印书馆。



再说剖析任何一个图形需要太多的运算，也不是我们讨论的范围。笔者认为林新贤的《罗雅谷传译历学新法的特征——以〈五纬历指〉土星历为例》一文和日本学者桥本敬造《从〈崇祯历书〉看科学革命的一个过程》一文，对有兴趣解析《崇祯历书》中任何一个行星运动几何图形的人是十分有益的。《五纬历指》卷中，行星运动的处理是建立在第谷体系的基础上，采用的是传统的小轮几何方法，有的方案是第谷本人设计建立的，有的方案采用的是修改过的托勒密或哥白尼的方案。《崇祯历书》中对这点加了说明："土木二星表为一法，金水二星同一法，火星独为一法。"

前面叙述了五星运动中的第谷理论和模型。月亮的视运动也是必须加以讨论的。在第谷之前，人们已知道了月运动的中心差和出差，第谷和阿拉伯天文学家阿尔·瓦法独立地发现了第三种差，通常称为二均差，这是第谷在去往德国维滕贝格的 1598 年发现的。

《月离历指》数卷描述了月亮的视运动：在卷一中，介绍了第谷发现的月亮视运动的第三种差；在卷二中，绘出月行二法合图。二法中，一法指的是第谷理论，一法指的是哥白尼的理论。用几何图形说明月亮的视运动，月亮轨道对黄道的倾角也在随之发生着变化。变动范围在 4°58′30″～5°17′30″之间。由于这种变化，黄白交点也在平均位置上前后偏移 1°46′。

《崇祯历书》中对哥白尼天文工作进行了介绍，最值得提出的是在《历法西传》中，为哥白尼的《天体运行论》作了提要。席泽宗先生等人的系统研究指出：《崇祯历书》共译用了《天体运行论》的部分材料总计 11 章，哥白尼的观测记录 17 项。而且《崇祯历书》中提到哥白尼之处极多，例如：《五纬历指》卷二论《土星》章节中，《测土星最高及两心差后法第二》，全文用的是哥白尼的《天体运行论》，引用了二幅图。并且在大量的测算实例中，也列出了哥白尼日心模型与第谷模型进行比较，例如前面叙述到的火星视运行图和月亮视运行图，都画出了哥白尼几何模型，但在整部《崇祯历书》中，并未给出哥白尼的日心几何模型，从这也可以窥到一点，哥白尼"日心说"在《崇祯历书》中不占重要地位。直到清初，法国传教士蒋友仁（Michel Benoist，1715—1774）于 1773 年向乾隆皇帝献上一幅手绘《坤舆全图》，这份世界地图的四周配有各种天文图和文字说明，其中有哥白尼日心模型的示意图，还有地球是椭球体的说明。这可算是哥白尼"日心说"宇宙模型正式传入中国。

《崇祯历书》中用了相当的篇幅介绍托勒密天文学，在与第谷宇宙模式对比中，还画出了托勒密宇宙模式图（见图 6—2），多处引用了托勒密的观测数据，并且在历书中频繁出现托勒密的名字，这都说明托勒密天文学及其宇宙模式在西方天文学发展史上的重要地位，对于历书中的托勒密天文学，凡想重点研究者可以参考江晓原发表于 1989 年《自然科学史研究》第 8 卷上的《明末来华耶稣会士所介绍之托



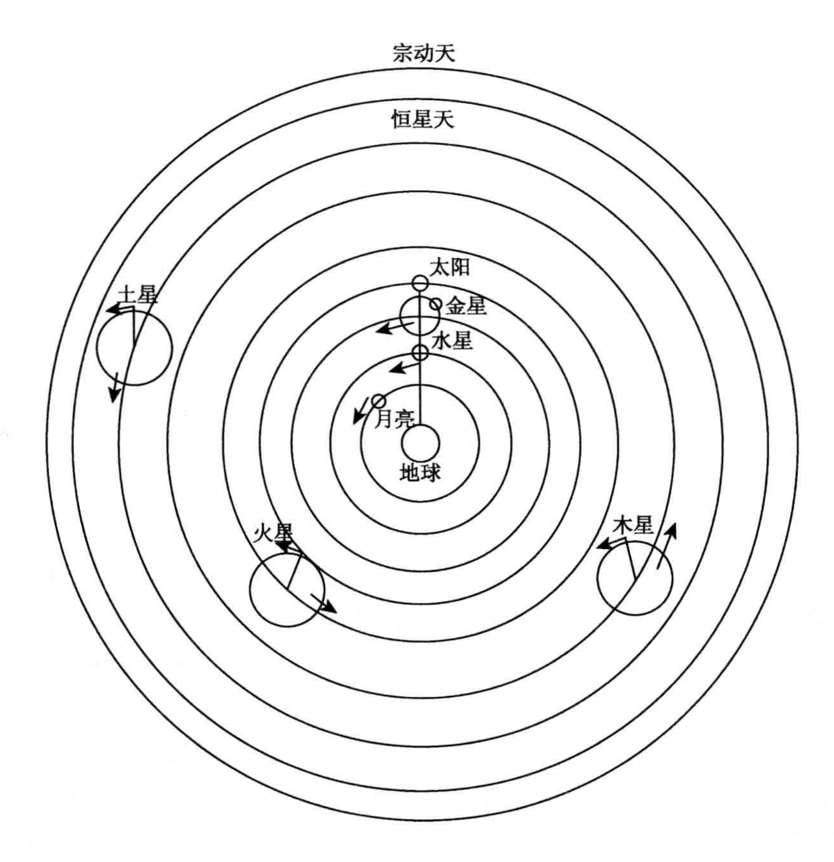


图 6—2　托勒密宇宙模式示意图

勒密天文学》，该论文发表了独特的见解，阐述了托勒密天文学在历书中的特殊地位，介绍了托勒密有关天文著作和历书中的托勒密天文学，并论述了托勒密天文学在世界天文学发展史上重要的历史地位。

第三节　《崇祯历书》对西方天文仪器及伽利略观测成果的介绍

英国著名科学家李约瑟在《中国科学技术史》中指出："当耶稣会传教士在中国开始进行活动时，欧洲天文学有两项极其重要的特点：①发明并使用了望远镜；②接受了哥白尼的日心说。"[①]17 世纪，欧洲发明了望远镜，这是欧洲科技史上一件极其重要的大事。罗雅谷在《崇祯历书》中积极评价了望远镜的诞生对天文学发展

① 李约瑟：《中国科学技术史》，第 4 卷，《天学》，第二分册，659 页，北京，科学出版社，1975。



的重要性：望远镜打破肉眼的界限，扩大了人类观察宇宙的能力，它的出现给天文学界带来了新的发现，并取得很大进展。在《五纬历指》卷这样写道："自古代以来，测候所急，追天为本。……今测较古，其精十倍，又用远镜为准，其精百倍……"①在望远镜刚刚诞生时，西方称它为远镜。当知道伽利略使用望远镜并获得重大天文发现时，汤若望这样评价道："发千古星学之所未发。"由此看出，望远镜的诞生，使欧洲天文学取得急剧的进展。耶稣会传教士入华时，确实带来了望远镜。利玛窦带来的望远镜，初称千里镜。继利玛窦之后，入华传播西学的另一位重要人物汤若望，在参与修历的五年之前，用中文编纂了讲述望远镜功能与制法的专著《远镜说》，并于1629年刊印。书中详尽介绍了望远镜的功能、光学结构、制造原理、使用说明以及保养维修。据《帝京景物略》介绍："远镜，状如尺许竹笋，抽而出，出五尺许，节节玻璃，眼光过此，则视小大，视远近。"徐光启在"急用仪象十事"的计划中列有望远镜。1631年10月25日，徐光启首次用望远镜对日食进行观测，并指出，若不用此法，只凭视力，则眩耀不真。1634年2月2日，汤若望与罗雅谷向皇帝进献了一架望远镜。后来崇祯皇帝还用这架仪器观测过日月食，编纂《崇祯历书》时，将汤若望的《远镜说》收入历书中，在历书的其他有关章节中也说到望远镜。望远镜制作的原理很易被人接受，当时薄珏于1631年首次制成了一架简单的望远镜。然而，望远镜在中国被明朝廷用于了战争，装备到大炮上。据《启祯野乘》记载，1631年"流寇"犯安庆，薄珏被御史张国维请去造炮，每置一炮，即设千里镜，以侦察贼寇远近。十分遗憾的是，望远镜在明清之际没有得到迅速发展，这是中国天文学史上在明清之际滞留的一个不可忽视的重要原因。清康熙、乾隆年间仍先后在北京古观象台铸造出仿古的八架铜制巨型天文仪器，其中黄道经纬仪、象限仪是西方传统天文仪器。纪限仪是第谷自制的常用仪器之一，《崇祯历书·恒星历指》卷一中记载，1582年2月26日，第谷用纪限大仪对太阳、金星和金牛座X星进行观测。但这三种西方传统仪器在操作方法上，类似我国浑仪的目视观测方法，其精度远比不上当时欧洲已使用的光学望远镜。据考证，黄道经纬仪立于古观象台，从始至终只是个摆设，没有发挥过什么作用。在欧洲的天文学史上，天文仪器备受天文界的重视，《崇祯历书·西法历传》卷中在记述第谷历时40年辛勤的天文观测时，十分称赞第谷的观测精神，说其观测时，"备诸巧器，以测天度，不爽分秒"。天文学离不开天文仪器，因此，徐光启决定修历时，十分重视天文仪器的创制，认为要修改历法，首要的是紧急配备观天仪器，提出"急用仪象十事"，其内容如下：①七政象限大仪（大型四分仪）六座，②列宿纪限大仪（大型六分仪）三座，③平浑悬仪三架，④交食

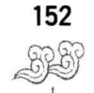


① 《新法算书·五纬历指》，卷一，《总论》。四库全书，文渊阁影印本，635～788页，北京，商务印书馆。

仪一具，⑤列宿经纬天球仪一架，⑥万国经纬地球仪一架，⑦节气时刻平面日晷三具，⑧节气时刻转盘星晷三具，⑨候时钟三架，⑩测候七政交食远镜(望远镜)三架。在上述仪器中，最后是望远镜。徐光启提出仪器十项，后曾想方设法仿制西方天文仪器，一直成效不大，直到1634年才向皇帝进呈三架，其中有日晷、星晷，是用来夜间观测恒星以定时刻的仪器，还有一架即罗雅谷等带来的小型望远镜。

《崇祯历书》中记载了当时欧洲新诞生的望远镜，如图6—3所示，也记载了西方传统天文仪器。在《测量全义》卷十中，用图文并茂的方式，列举出：①新法测高仪，六式。一式曰象限悬仪，二式曰平面悬仪，三式曰象限立运仪，四式曰象限座正仪，五式曰象限大仪，六式曰三直游仪。象限仪直到18世纪，在欧洲还被视为很重要的天文仪器，北京古观象台上有一架象限仪的仿制品。②新法地平经纬仪，其图示与现存于北京古观象台的地平经纬仪类同。③新法距度仪，三式。一式弧矢新仪，二式弩仪，三式纪限仪。在《五纬历指》卷中也提到此仪。并在《恒星历指》卷中，还画出了使用纪限仪测量恒星距离的图形。北京古观象台上还陈列着一架欧洲式的纪限仪。④新法赤道经纬仪，二式。其中一式称为赤道经纬仪简仪，该仪应当是相当于现存北京古观象台上的赤道经纬仪内部的四游仪部分。⑤新法黄道经纬仪。在《崇祯历书》其他有关卷里，也记载了上述各种仪器。《崇祯历书》中还记载了圭表仪、浑球大仪等，关于欧洲天文仪器的精度问题，在《崇祯历书·测量全义》卷中也进行了介绍，记述了第谷的刻度法及第谷制作的在刻度板上滑动的窥表。

关于望远镜的发明权问题至今悬而未决，然而，望远镜在当时之所以能够成为轰动欧洲的新天文仪器，主要是因为伽利略创制出的望远镜，并把它指向天空去观测宇宙天体，获得了一系列的天文新发现，使望远镜成为研究星空的新天文仪器，这个功勋归属于伽利略。1609年的一个夜晚，伽利略用望远镜观测月亮，发现了月面上覆盖着苍古斑斓的大山和平原，还有无数大大小小的环形山，他极为兴奋地绘制出第一幅月面图。《崇祯历书》中收入了伽利略绘制的两幅月面图，《崇祯历书·远镜说》中这样写道："用以观太阴，则见本体有凸而明者，有凹而暗者，盖如山之高处，先得日光明也……"[①]1610年1月期间，伽利略把望远镜观测木星，发现了木星附近有四个绕木星旋转的光点，断定这是木星的四个"小月亮"，为此，伽利略编纂了《星际使者》一书，成为当时欧洲的畅销书。书中公布了木星卫星及其他新发现。《崇祯历书·五纬历指》"新星解"中画出了伽利略观测木星时的记录情况，文中写道："木星目见一星，今用远镜，见五星，木星为心，别有四小星，常环行其上下左右，时相近，时相远，四星皆在一方时，一或二或三或在一方，余在他方时，一或



① 《新法算书·远镜说》。四库全书，文渊阁影印本，358～788页，北京，商务印书馆。



二不见，皆用远镜可测之，初测者作此直线图共九测。”[1]在《崇祯历书·远镜说》中也概括地叙述了伽利略观测到的四颗卫星，并明确指出木星存在四颗卫星：“用以观木星，则见有四小星左右随从，护卫木君者，四星随木有规则，有定期，又有蚀时，则非宿天之星明矣。”[2]伽利略观测土星时，并发现土星旁也有两个光点，后来继续

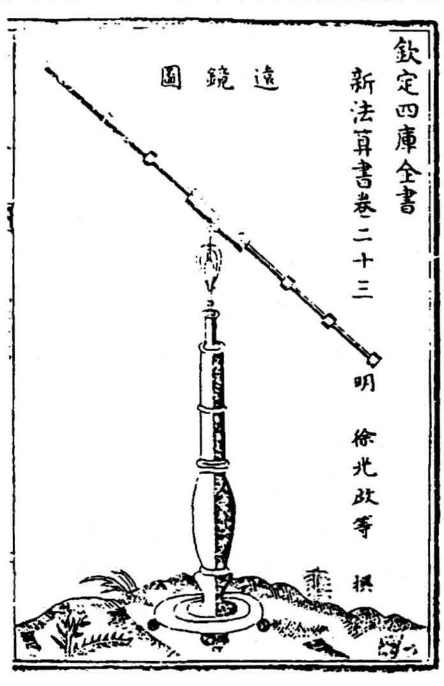


图 6—3 《新法算书》中的望远镜

观测，光点消失，伽利略困惑不解，无法解释这种现象，其实这就是土星光环造成的。这个谜半个世纪后，由荷兰天文学家惠更斯揭开。《崇祯历书·五纬历指》“新星解”也记载了这段史实：“土星之体两边，各有一个小星，系新星，两新星环行于土星之上下左石，有时不见，盖与土星体相食，或曰土星。非浑圆体，两旁有附体，如鼻以本轴运旋，故时见圆，时见长……”[3]《远镜说》中也十分简单地叙述了观测土星的结果：“用以观土星，则见两旁有两小星，经久渐益，近土竟合而为一，如卵两头有两耳焉。”[4]伽利略于 1610 年 10 月，用望远镜瞄准金星，竟观测到一个闪光的“娥眉月”，经过几个月的连续观测，他终于确定，金星像月亮一样，有周期性位相变化。



① 《新法算书·五纬历指》，“新星解”。四库全书，文渊阁影印本，649～788 页，650～788 页，北京，商务印书馆。

② 《新法算书·远镜说》。四库全书，文渊阁影印本，359～788 页，北京，商务印书馆。

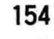
③ 《新法算书·五纬历指》，“新星解”。四库全书，文渊阁影印本，649～788 页，北京，商务印书馆。

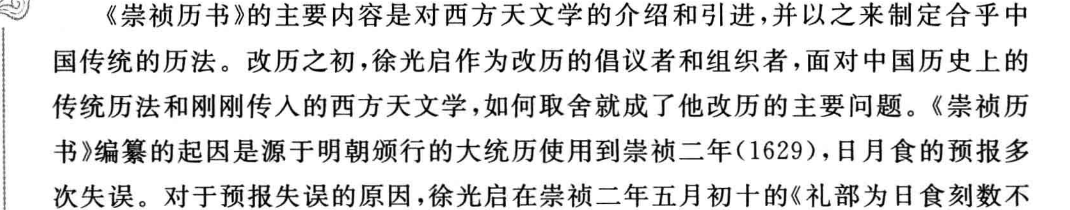
④ 《新法算书·远镜说》。四库全书，文渊阁影印本，359～788 页，北京，商务印书馆。

《历书·远镜说》中这样写道:“观金星则见有消长,有上弦下弦如月焉。其消长上下弦变易于一年之间,亦如月之消长上下弦变易于一月之内。又见本体间或大小不一,则验其行动周围随太阳者,居太阳之上,其光则满,居太阳之下,其光则虚。本体之大小,以其居太阳左右之上下而别焉。”①

《崇祯历书》中画出了金星形成位相的原理图。关于金星的位相问题在《五纬历指》“周天各曜序说”中阐述第谷宇宙模式时,还特别指出,用以支持第谷的宇宙模式,说明金星只有绕日行走,才可能形成位相。在《远镜说》里,作者专门制图,用图示的办法解释金星位相成因。在《崇祯历书》的其他章节中,还有关于金星的介绍。《崇祯历书》中多处出现伽利略观测金星的新成果,究其原因,笔者认为,伽利略的这一成果是当时支持第谷学说的最有力的证据。《崇祯历书·远镜说》中还介绍了伽利略观测到太阳黑子:“日面有浮游黑点点,大小多寡不一。”②在《远镜说》中介绍了伽利略观测到银河和星团,指明天上的星星数目比人目观测到的多得多,列举了“昴宿数不止于七,而有三十多”;“天河中诸小星,皆难见者,用镜则瞭然矣”;③“尾宿中距星及神宫北斗中开阳及辅星,皆难分者,用镜则见,相去甚远焉”。④ 关于伽利略观测银河和恒星的结果,在《崇祯历书·恒星历指》的“天汉”中,进行了更详尽的叙述。尤其是对银河,给予较古更为准确的定义:“问天汉何物也,曰古人以天汉非星,不置诸列宿,天之上也,意其光与映日之轻云相类,谓在空中。月天之下为恒清气而已;今则不然,远镜既出,用以仰窥,明见为无数小星……”⑤

第四节 《崇祯历书》中传统天文学的地位





《崇祯历书》的主要内容是对西方天文学的介绍和引进,并以之来制定合乎中国传统的历法。改历之初,徐光启作为改历的倡议者和组织者,面对中国历史上的传统历法和刚刚传入的西方天文学,如何取舍就成了他改历的主要问题。《崇祯历书》编纂的起因是源于明朝颁行的大统历使用到崇祯二年(1629),日月食的预报多次失误。对于预报失误的原因,徐光启在崇祯二年五月初十的《礼部为日食刻数不对请敕部修改疏》中云:

---

① 《新法算书·远镜说》。同上书,358～788 页,北京,商务印书馆。

② 《新法算书·远镜说》。《四库全书》,文渊阁影印本,359～788 页。

③ 《新法算书·远镜说》。同上书,359～788 页。

④ 同上。

⑤ 《新法算书·恒星历指》。同上书,38～789 页。



据推算官戈丰年等称：此所用《大统历》乃国初监正元统所定，实元郭守敬《授时历》之成法也。历官按书推步，一毫不敢擅自增减，今验日食时刻俱不合，以为原法固然。臣等查考近来交食，果有先后一二刻至三四刻者，其分秒之数亦有多寡不对者，必求符合，须将今历大将修改。

所预报的失误非在推算的失误，而在于所用授时历之法沿用了300余年之后，按其推算已不能与天象相合，故必须修改历法。然如何改历？当时能否在授时历法的基础上继续进行修改？徐光启提出了如下三方面的问题：虽然授时历法“古今称为极密。然中间刻数，依其本法尚不能无差”[①]，也就是其本身亦有不完善之处。“即守敬以至元十八年成历，越十八年为大德三年八月，已推当食而不食，大德六年六月又食而失推，载在《律历志》，可查也。是时守敬方以昭文殿大学士知太史院事，亦付之无可奈何。盖一时心思技术，已尽于此，不能复有进步矣。”[②]郭守敬所撰的授时历法，“进书五种，二十六卷，后三十年续进书九种，七十九卷，则成之綦难已。高皇帝倡兴大业，无期所有，典章散失，止存授时成法数卷，元统等因之为大统历，仅能依法布算，而不能言其所以然之故。后来有志之士，亦止将前史《历志》，揣摩推度，并未有守敬等数年实测之功力，又无前代灼然可据之遗书，所以言之而未可行，用之而不必验也”。[③] 就用人方面而言，万历三十八年倡议改历的朱载堉、徐光启、邢云路、范守己、崔儒秀、李之藻等人中，比较熟悉中国传统历法的邢云路、朱载堉、范守己、崔儒秀均已故世。徐光启在《修改历法请访用汤若望罗雅谷疏》中自言：“臣等估毕老儒，所诵习者不过汉唐宋元史册之所记载，资性愚蒙，亦岂能自出聪明，高睨往古。第今改历一事，因差故改，必须究其所以差之故而改正之。前史改历之人皆不其然，不过截前至后，通计所差度分，立一加减乘除，均派各岁之下，谓之改矣，实未究其所以然也。”



故综上所述，继续沿用中国传统的历法进行改历是很难有所进步了。徐光启在《历书总目表》中总结云：“元郭守敬兼综前术，时创新意，授时既就，以为终古绝伦，后来学者谓守此为足，无复措意。三百五十年来并守敬之书亦皆湮没，即有志之士殚力研求，无能出守敬之藩，更一旧法，立一新义，确有原本，确有左验者，则是历象一学，至元而盛，亦自元而衰也。”相形之下，西法之殊胜却由此显见：“臣等昔年曾遇西洋利玛窦，与之讲论天地原始，七政运行，并及其形体之大小远近，与夫度数之顺逆迟疾，一一从其所以然，指示确然不易之理，较我国往籍，多所未闻。臣等自后每闻交食，即以其法验之，与该监所推算不无异同，而大率与天相合。故臣等

① 徐光启：《礼部为日食刻数不对请敕部修改疏》，见王重民辑校：《徐光启文集·治历疏稿一》，319页。
② 徐光启：《礼部为日食刻数不对请敕部修改疏》，同上书，320页。
③ 徐光启：《礼部为奉旨修改历法开列事宜乞裁疏》，同上书，326页。

窃以为今兹修改，必须参以西法而用之，以彼条款，就我名义，从历法之大本大原，阐发明晰，而后可言改耳。"①在万历三十八年(1610)十一月壬寅朔月(12月15日)的日食预报中，钦天监推算的日食食分和时刻都发生了错误，而徐光启用西法所做的预报，经实测证明却比较准确，因此引起了人们对西法的关注。而其推算准确的内在原因是其原理明晰，知其所以然之故，这也是徐光启之所以赞叹西法的关键所在。"至若岁差环转，岁实参差，天有纬度，地有经度，列宿有本行，月五星有本轮，日月有真会似会，皆古所未闻，惟西国之历有之，而舍此数法，则交食凌犯，终无密合之理。"②而欲参用西方的天文学方法来修改中国的历法，就必须拥有西方的科学典籍和懂得西法的人，然此条件在1620年时就已具备了。

比利时传教士金尼阁于1620年第二次来华时，带来了从意、法、德、比、西、葡等国收集的7 000多部科学、宗教等方面书刊，其中有哥白尼的《天体运行论》、开普勒的《哥白尼天文学概要》等当时欧洲先进的天文学方面的著作。同时，又有一批懂得西方近代科学的耶稣会传教士随金尼阁东渡来华，其中邓玉函(Jean Terrenz，1576—1630年，瑞士)、罗雅谷(Tacques Rho，1590—1638年，意大利)、汤若望(Jcan Adom Schauvon Bell，1592—1668年，德国)，都是编撰《崇祯历书》时编译西书的主要成员。盖徐光启所言："臣等愚心，以为欲求超胜，必须会通；会通之前，先须翻译。大统书籍绝少，而西法至为详备，且又近今数十年间所定，其青于蓝，寒于水者，十倍前人。"③正是对此而云。

取用西法已成定论，那么中法的地位又如何在历书中得以体现呢？徐光启在《历书总目表》中提出一个双全其美的制历方针："熔彼方之材质，入大统之型模；譬如作室者，规范尺寸一一如前，而木石瓦甓悉皆精好，百千万年必无敝坏。即尊制同文，合之双美。"这就是在内容上采用西方天文学的成果，纳于中国传统历法的形式之中。这也是改历引用西法得以实现的必由之径。虽是如此，《崇祯历书》编纂完成之后，亦因种种政治人文等因素的影响而未能在明朝获得颁行。

就历书的形式而言，完成后的《崇祯历书》是否亦如徐光启之"入大统之型模"之所言呢？要回答这一问题，就须就大统历和《崇祯历书》的格式、体制作一比较研究。从形式上讲，中国传统历法的体制完善于唐一行编撰的大衍历，其结构严谨，条理分明，成为后代传统历法的典模。首先考察大衍历的结构就更易明了所谓大统之型模的源处。大衍历在体制上划分为七部分，兹据《旧唐书》卷三、卷四《历志》所载，列表如下：

① 徐光启：《修改历法请访用汤若望、罗雅谷疏》，见王重民辑校：《徐光启文集》，344页。

② 同上书，327页。

③ 《历书总目表》，见王重民辑校：《徐光启文集・治历疏稿二》，374页。



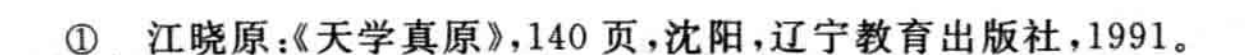
节目分次	主要内容
步朔第一（6节）	推算月相之晦朔弦望等
步发敛第二（5节）	推算七十二候（即二十四节气与物候、卦象之对应）
	推算六十四卦与五行用事
步日躔第三（9节）	推算讨论太阳之视运动
步月离第四（21节）	推算研究月亮的运动
步轨漏第五（14节）	推算晷影和昼夜漏刻长度等与授时相关的问题
步交会术第六（24节）	推算日月交食，专门讨论与此相关的种种问题，以三、四两节的内容为基础
步五星术第七（24节）	推算研究五大行星的运动及其位置

从其结构内容可知，传统历法的主要内容是研究日、月、五星的运动规律，“其目的则在于提供预推此七大天体任意时刻位置之方法及公式”。①

据张说所作《〈大衍历〉序》中所言，上一部分为开元《大衍历经》的内容。后还有《立成法》十二卷，为大衍历法本身的各种数值表格；《历议》十卷，论述传统历法的得失和演进；《略侧奏章》一卷，为大衍历法的理论说明。此外尚有《长历》三卷，《古今历书》二十四卷，《天竺九执历》一卷，此后二十八卷的内容已佚。故大衍历全书共计五十二卷。历经部分详细说明大衍历法的原理、计算方法和推算结果；立成法用表格排列出历法所用的种种数据；历议等部分则对古今中外的历法做了详细的考证与研究，从而构成了一部次第明晰、结构严谨、内容完善的历法，被后世历家奉为圭臬。



大统历悉据授时历，只是去其岁实消长而已。惟《大统历通轨》与《授时历经》的次序略有不同。据《明史·历志二》中言：“今据《大统历通轨》及《历草》绪书，稍为编次，首法原次立成，次推步。”其结构与内容如下：



① 江晓原：《天学真原》，140页，沈阳，辽宁教育出版社，1991。

节目分次	主要内容
法原之目七	勾股测望:(圭表测量二至之日影长度)
	弧矢割圆:类似于球面三角的几何学方法
	黄赤道差:求黄道各度下赤道积度术(由大阳黄经求其赤道经度)
	黄赤道内外度:推黄道各度,距赤道内外度去极远近术(由太阳黄经求其赤道纬度)
	白道交周:推白赤道正交,距黄赤道正交极数。求白赤交角,以及求白赤交点与黄赤交点的距离
	日月五星平定之差:讨论日月五星运行的不均匀性
	里差刻漏:推求二至差股及出入差和黄道每度昼夜刻
立成其目四	太阳盈缩:太阳盈初缩末限立成(冬至前后,二象限同用)
	大阳盈初末限立成。(夏至前后二象限同用)
	晨昏分:冬夏二至后晨昏分立成
	太阴迟疾:太阴迟疾立成(迟疾同用)
	五星盈缩:五星盈缩入历度率立成(五星盈缩同用)
	木星盈缩立成
	火星盈缩立成
	土星盈缩立成
	金星盈缩立成
	水星盈缩立成
	(余详法原及推步卷中)
推步其月七	步气朔:(发敛附)
	(推求月相之晦朔弦望等)
	步日躔:推算讨论太阳之视运动
	步月离:推求月亮之运行
	步中星:推求每日夜半,昏旦之中星宿度
	步交食:推算讨论日月交食之种种问题
	步五星:推算研究五大行星的运动及其位置
	步四馀:四馀即紫气、月孛、罗喉、计都
	(讨论二十八宿的位置)



与《大衍历》的结构内容相比较,可见《大统历通轨·推步》一节正与《大衍历



经》卷的内容相对应，只是《大衍历经》中之步轨漏与《大统历通轨》中之步中星、步四馀互相有所不同。《大统历通轨》中法原之部分是将《授时历议》与《授时历法》的一些内容单独拿出来汇成一章，这也许是受了《崇祯历书》基本五目之影响，因明史之历法实采元人所撰。

《崇祯历书》在崇祯年间曾经刊刻，但未完成，全书共四十六种，一百三十七卷。入清后汤若望将其删改为一百零三卷，改称为《西洋新法历书》，因多次挖版或重刻，版次较乱，卷数不一。现就收入《四库全书》的一百卷本的《西洋新法算书》来考察一下其结构与内容的安排。

制历之初，徐光启在《历书总目表》中云："今拟分节次六目，其本五目，一切翻译撰著，区分类别，以次属焉。谨条列如左：

节次六目：一曰日躔历，二曰恒星历，三曰月离历，四曰日月交会历，五曰五纬星历，六曰五星交会历。

基本五目：一曰法原，二曰法数，三曰法算，四曰法器，五曰会通。

有六节次，循序渐作，以开前后，以后承前，不能兼并，亦难凌越。五基本，则梓匠之规矩，渔猎之筌蹄，虽则浩繁，亦须随时并作，以周事用。"

兹以《新法算书》之目录为纵，以节次六目、基本五目、进呈次序、译著者为横列表如下：

目录	节次六目	基本五目	进呈次序	译著者
缘起一～八				徐光启、李天经、汤若望等
大测		法原	(1)	邓玉函
测天约说		法原	(1)	邓玉函
测食略				汤若望
学历小辨				徐光启
浑天仪说				汤若望
比例规解		法器	(2)	罗雅谷
筹算		法数		汤若望
远镜说				汤若望
日躔历指	〔一〕	法原	(1)	汤若望
日躔表	〔一〕	法数	(1)二卷 (4)一卷	汤若望
黄赤道距度表		法数	(1)	邓玉函
月离历指	〔三〕	法原	(3)	罗雅谷

月离表	〔三〕	法数	(3)	罗雅谷
五纬历指	〔五〕	法原	(5)	罗雅谷
五纬表	〔五〕	法算	(5)	罗、汤指授监局生儒推算
恒星历指	〔二〕	法原	(2)	汤若望
恒星表	〔二〕	法数	(2)	汤若望
恒星图说	〔二〕		(2)	汤若望
恒星出没表	〔二〕	法数	(5)	汤若望
交食历指	〔四〕	法原	(3)四卷 (4)三卷	汤若望
交食古今考	〔四〕	法原	(5)	汤若望
交食表	〔四〕	法数	(3)二卷 (4)四卷	汤若望
八线表		法数	(1)	罗、邓、汤合撰
几何要法				艾儒略
测量全义		法原 卷一～卷九 法器卷十	(2)	罗雅谷
新法历引				汤若望
历法西传				汤若望
列法表异				汤若望



注:在顺治版中除《恒星出没表》、《古今交食考》为李天经督修外,其余大多冠以徐光启督修字样。

以上可见其目次的安排并未按照节次六目的顺序,反倒是与《大衍历经》、《大统历通轨》之日躔、月离、交会、五星的次序相接近。这也许是清乾隆年间编《四库全书·新法算书》时,编排者将《崇祯历书》“入大统之型模”的一种努力吧。现存上海图书馆的清顺治年间刊刻的六十册《西洋新法历书》中目次安排正与节次六目的顺序相同,只是缺少五星历部分(其目录如下:汤若望奏疏、日躔历指、日躔表、黄赤道距度表、恒星历指、恒星出没表、恒星经纬表、月离历指、月离表、交食历指、交食表、几何要法、测天约说、大测、割周勾股八线表、比例规解、筹算、测量全义、学历小辩、新法历引、历法西传、测食、新法表异、古今交食考)。

历书的法原部分与《大衍历经》相对应,法数与立成相对应。后之《新法历引》简述了西方天文学的基本概念及其观测仪器,《历法西传》首先介绍了托勒密、哥白



尼、第谷、伽利略等人的天文学成果，然后叙述了新历的法原部分，《新法表异》则首先叙述中国历代的传统历法的演进，之后论述了新历法的优点，评论了新旧历法之不同。《古今交食考》考证了古今的日月交食现象，批评了中国传统文化中的一些错误观念。这些著述正与《大衍历经》中之《历议》、《长历》、《古今历书》的部分相对应，评古论今，注重科学历史的演进性。所以把历法作为一个有机的整体来看，《崇祯历书》在体制上确是大衍历一脉相承下来的中国历法，其最终还是实现了徐光启"入大统之型模"之构想。

那么在内容上，从《崇祯历书》的编译者来看，虽然徐光启和李天经是督修主编，但其具体工作的完成却大多出自西洋传教士之手，他们的主要工作就是将西方天文学的原理和方法翻译过来编入中国传统形式的历法之中。其对中国传统的天文学方法多是持批评的态度。正如汤若望在《历法西传》中之《西新历法》中言："中土往代修历不过加减四余四应岁实等项已耳，一时合天，久则仍错，有数十年一改者，有数年一改者，前改既非，后改亦复如是。历学废弛，非一日矣。余初奉命修历时，亦有以略改旧法请者谓作者可免创始之劳，述者兼得习熟之便，然而不能也。详考旧法，其错非在算数，乃在基本，不清其基而求积累，不治其本而理枝干，其术未有济焉者。余故不辞艰瘁，昼夜测验天行，参考西法，然后正其纰缪，补其缺略，约有数十余款，于是著成历书，解明法原，详整法数，自太阳太阴恒星交食以迄五纬，莫不条分缕析，纲举目全，共计百有余卷。"故中国传统历法之原理与方法也就很难在《崇祯历书》中得以体现了，只是在恒星与星图部分还有些中国传统天文学的痕迹可见。[①]

第五节 对《崇祯历书》的评价

《崇祯历书》完成于 17 世纪的 30 年代，从崇祯四年(1631)正月起至七年(1634)十一月分五次共进呈了一百三十七卷。其后二次进呈虽在徐光启逝世之后，然其大部分内容仍经徐氏校释润色，故历书之文笔简洁优美，后之翻译书籍，绝少能与之相比。这部汇集了托勒密、哥白尼、第谷等西方天文学家之理论的天文学巨著，在形式上虽以中国传统的历法问世，但在内容上已完全不同于中国的传统历法。它是用西方的天文学理论来探讨解决中国的历法问题。在方法上它一改中国传统的代数学方法而引进了欧洲古典的几何模型的方法，这对中国历法是一次巨大的变革，其影响之大在清朝波及到了政治的层面，将天文学上的技术问题(中西

① 潘鼐:《中国恒星观测史》,334～357 页,上海,学林出版社,1989。

方法的转换)上升到了西夷中尊的政治问题。站在西方自然科学已遍布世界的今天来看西学东渐之初在中国完成的这部天文学巨著,理应将其放到当时的中西历史背景上去评价,否则我们所得到的结论将会是片面的。

在金尼阁1620年携带7 000多部西方经典著作与罗雅谷、汤若望重返中国之前,西方传教士在中国传译的天文学知识尚属于亚里士多德、玛吉尼等人的学说,其成果以李之藻汇编的《天学初函》为代表。当时中国传统的大统历已在日月食的预测中屡次失误,自元郭守敬之后,明朝的天文学除了常规的日常观测,在理论上没有可述的建树。而此时的欧洲天文学却在激烈的改革中长足演进。1543年(明嘉靖二十二年),哥白尼的《天体运行论》出版了,它将托勒密的地心体系改变为日心体系,以太阳取代了地球作为天体运行的中心。主宰了西方天文学千余年的托勒密的宇宙体系受到了哥白尼日心体系的挑战。虽然在方法上哥白尼仍然沿用了托勒密本轮均轮的小轮体系,但其理论的革命性是不容否认的,否则哥白尼也不必要待其临终时才将其《天体运行论》出版问世,因为身为教士的哥白尼比谁都清楚其理论与基督教教义间不可调和的矛盾,托勒密的天文学理论在欧洲千余年的统治地位是与欧洲宗教文明的背景分不开的。

在哥白尼之后,精于实测的丹麦天文学家第谷建立了一个介于哥白尼日心体系与托勒密地心体系之间的宇宙体系:太阳带着五大行星绕地运行,五大行星绕太阳运行,而地球居于宇宙的中心不动。在当时这种体系是第谷在精确的实测基础上建立起来的(第谷未能接受哥白尼的日心体系在科学上的原因是因为他未能实测到恒星的视差),它在客观上调和了宗教与科学的矛盾,其在欧洲虽然很快就因1609年和1619年问世的开普勒行星运动第一、第二和第三定律的确立而失去了天文学上的意义,但在西方天文学传入中国的过程中,第谷的理论却起到了巨大的历史作用。因为这一体系既不违背作为传译者的西方传教士所信仰的宗教教义,又与要求实测精确的中国历法相适应。

《崇祯历书》的组织者是以徐光启、李天经为代表的中国学者,其编译者则是以邓玉函、罗雅谷、汤若望为代表的西方传教士。故《崇祯历书》编译的形式和内容就必然与徐光启的制历方针以及传教士的思想意愿相关。

徐光启在修历之初于崇祯四年撰写的《历书总目表》一文中对引进西学修订历法提出了三个层次的规划建议,上疏给崇祯皇帝,此三议由浅入深,由易入难,表述了一个主动倡导引进西学的中国学者对如何在中国建立起科学的理论体系所进行的宏大而又切实的构想。"其一,苟求速就,则豫算日月交食三四十年,次用旧法,略加损益附会其间,数月可竣。夫历家疏密,惟交食为易见,馀皆隐微难见者也。交食不误亦当信为成历,然三四十年之后,乖违如故矣。此则昧心罔上,臣等不敢



出也。其二,因循节次,辨理立法,基本五事,分任经营。今日躔一节,大段完讫,恒星半已就绪,太阴方当经始。次及交食,次及五星。此功既竟,即有法有数,畴人世业,悉可通知,二三百年必无乖舛。然其书已多于曩昔,其术亦易于前人矣。其三,事竣历成,要求大备。一义一法,必深言所以然之故,从流溯源,因枝达干,不止集星历之大成,兼能为万务之根本。此其书必逾数倍,其事必阅岁年。既而法意既明,明之者自能立法,传之其人,数百年后见有违离,推明其故,因而测天改宪,此所谓今之法可更于后,后之人必胜于今者也。两端胪列,事在徐图,先其易简,次其繁重。惟是功非朝夕,人必旁求,藉非多助,为时愈久,此必然之势也。若臣弱植衰年,庸才末学,即第二议必非臣所能竟,何况其三?特如精卫填海,有求成之望;愚叟移山,论可为之理而已。优惟圣明矜察。”

作为一部历法,其在中国传统中的实用性主要表现在年月日的安排上和日月交会、五星运行的预测等力面。《崇祯历书》改历之缘起就是因为大统历在日月交食上的预报屡次失误,故对日月交食的准确预报就成了衡量一部历法是否合格的一个重要标准。那么一部历法若是完成了这一任务,对于朝廷方面来说是可以过关了。这也是徐光启在制订历法之初所提出的制历三层次中的初步。但是作为改历的倡议者和实施者的徐光启在其意中并不满足于仅能对日月交食的准确预报上,他还要了解每一差之背后的原因,故对历法的编制提出了更深一层次的要求,他想借修历之缘,在中国建立起一整套完整的科学理论体系。这样的制历意图是相当宏伟的,而且其具体的制作次第也都一步一步地规划好了。在西学刚刚进入中国不久的明朝,中国学者就能提出如此完整细密的消化西学的方略可谓是科学史上的一个卓越之举。而《崇祯历书》在日后的编撰翻译中也确实是按着这一大政方略实施的。



中国历法一向在知其然的天体视运动层面上下工夫,而西方自然科学的建立从古希腊的学者起就对现象背后的原因感兴趣。这种对于隐藏在现象下面的物质运动规律的探索正是科学之精神所在。爱因斯坦在幼年时对罗盘表面指针下运作机制的好奇引发了他一生的科学事业,他在《自述》中言:“我想一定有什么东西深深地隐藏在事情后面。”这一例子正是科学之探索精神的具体体现。在西学进入中土之初的明朝末年,作为中国学者的徐光启表现出了对“知其所以然”的极大关注,这是他有别于当时许多因循守旧的中国学者的特别卓越殊胜的地方。他敏锐地抓住了问题的核心,要想知其所以然,就必须“从流溯源,因枝达干”。也就是要回溯科学的历史,知其源流的发展。他在万历三十九年(1611)撰写的《简平仪说》序文中云:“先生(利玛窦)尝为余言,西土之精于历尤他谬巧也,千百为辈,传习讲求者三千年,其青于蓝而寒于水者,时时有之。以故言理弥微亦弥著,立法弥详亦弥简,

余闻其言而喟然。然彼千百为辈，传习讲求者，吾且越百载一人焉，或二三百载一人焉，此其间何工拙可较论哉。”

从中可见徐光启已经了解到科学的积累性，而这种科学慧命的传续同样是处于不同时代的科学家一脉相承的。其“青于蓝寒于水者”就是对其进步性的表述。这也是科学本身有别于宗教、艺术等领域之一鲜明的特性，因为艺术家或者宗教实践家都得自己从头开始，惟有科学家可以而且是必须站在前辈的肩上才能开始其有价值的科学工作。科学史学家萨顿（Sarton，1844—1955）在其《科学史导论》中言：“科学的发展，亦即体系化了的实证知识的发展。……实证知识的获得和体系化是人类惟一的真正积累的和进步的活力。”从此可见徐氏对西方科学理解之精确。当然徐光启也很清楚在他的有生之年已不可能完成这样的伟业了，但其具有先见性的卓越思想却是值得肯定的。而且他的见解直接影响了《崇祯历书》的编撰，即历书对于法原部分的注重。完成后的历书该部分在文字上占了全书的三分之一，这也正是其精神之体现。

在《五纬历书》中，编译者罗雅谷将托勒密、哥白尼、第谷的理论次第展开，首先介绍托勒密的理论体系，然后采用哥白尼的部分理论和第谷的体系作为补充来弥补托勒密旧法的不足。在实测测算上则以第谷及其门人修编的历表为本。在历书中编译者未能将托勒密、哥白尼、第谷的理论体系的前后演化的因果关系交代清楚，只是将其相对独立地表述出来，回避了其间的许多关键问题。罗雅谷在《五纬历指》卷一《总论》中云：“历家言有诸动天诸小轮，诸不同心圈等，皆以齐诸曜之行度而已，非能实见其然，故有异同之说，今但以测算为本，孰是孰非未须深论。”这与传教士本人的思想意愿和其所处的社会地位有关。传教士到中国来是为了传教，从利玛窦起发现中国主持朝纲的皇帝和士大夫对西方的科学感兴趣，遂借传演科学来助其传教，故演绎科学不过是其为了达成传播基督教义的手段而已。既然如此，那么与教义相违背的哥白尼的日心体系当然就是“非正解”了。而且作为《崇祯历书》传译者的传教士在繁忙地修编历法的时日里，内心深感矛盾。罗雅谷在日后曾言：“庚午夏（崇祯三年，1630 年），予侨居中州，忽玄扈先生以修历荐，奉命征取入朝陛见，后孜孜测验弗休，日月七政等书次第翻译成帙。盖日夕拮据，喘息靡宁，阅二年，如一日，未遑他务也。既而追惟八万里东来本意，所图何事，而今专事此乎？治历与治人孰急，明时与明道又孰急，然而膺有成命，罔敢懈弛，用是两念横衷，未决者久之。”①

从中可见，其内心之所愿是治人之教和明教之义而非治历之法、科学之理。故

① 徐宗泽：《明清间耶稣会士译者提要》，73 页，北京，中华书局，1989。



其注重于历法的实效方面，完成徐光启在第一、二议中所提出的要求，对于徐光启“从流溯源，因枝达干”的愿望就无暇深论了。然就中国当时的历史条件来讲，作为传译者的传教士能在短短的数年(1629—1634)时间里完成从托勒密到第谷的古典天文学体系的传译工作，其功绩不可唐捐。

从完成后的《崇祯历书》来看，它确实达到了徐光启在《历书总目表》中所提出的第二议的标准："依循节次，辨理立法，基本五事，分任经营……有法有数，畴人世业，悉可通知，二三百年必无乖舛。"而第一议中所提出的日月交食的问题自然包括于其中。中国历法对日月食交食预测精密度的关注，表明了中国古人早已有实证的科学精神。而在历书中对精密度的注重，亦是《五纬历指》中罗雅谷采用第谷理论和其用表作为实测理论基础的一个技术上的原因。因为第谷精于实测，"就理论推算出来的天体位置与实测结果之间的吻合精度而言，第谷体系至少比哥白尼体系提高了一个数量级"。罗雅谷在《五纬历指》卷六中云："哥白尼因借他人之测，以详其理，多未经目，说虽明而犹难确据。后来第谷及其门人深研此道，随在推测，不惮勤劳，既竭心思，又殚目力，而历学始全。"其"犹难确据"在今天看来，是指哥白尼的日心体系因使用圆形轨道和等速运动来描述行星的运动，故必须援用托勒密的本轮、均轮的小轮体系来与实测的结果相吻合。直到开普勒行星运动三定律确立，才为哥白尼的日心体系建立起了一个强有力的支柱。而《崇祯历书》的传译未能述及开普勒行星运动三定律，虽然《崇祯历书》中提及了开普勒对于太阳产生磁性放射物，驱使行星在轨道上运行的观点，《崇祯历书·五纬历指》卷一第七节曰："太阳于诸早如磁石于铁，不得不顺其行。"而且开普勒的《哥白尼天文学概要》也于1620年由金尼阁带入中国，该书中系统阐述了有关"日心说"的所有问题，包括他发现的行星运动三定律。该书在1630—1650年期间在欧洲广泛流传，是拥有读者最多的天文理论书。这也许是作为传译者的传教士回避不同理论体系是非后的一个重大的历史性失误。因此也可以看到"日心说"入主中国的历史条件尚未成熟，还有待于后来的中西学者的继续努力。



《崇祯历书》最主要的成就是用欧洲古典的几何模型的方法来探讨日月五星的运动。几何模型的引入在方法上改变了中国传统的代数方法，而几何模型所构造的是一种在太阳系范围之内的宇宙模式。假若不从西方历代天文学家构造几何模型的深层意图来考察其科学精神之所在，那么在方法论的层面上也就很难论述中西这两种方法的孰胜孰劣了。因为在历法中推算日月五星在天空上的视运动，不建立几何轨道式的宇宙模型，而用传统的代数方法一样可以做得很好，而且在方法上将几何模型所推算出的结果再放到实测中去检验，然后再提出校正，这种从理论到实测再从实验回到理论的方法，与中国传统的代数方法在实际的运作中并没有

什么不同。这也是后来王锡阐在其《晓庵新法》中仍采用传统的代数方法的用心所在。虽然在《晓庵新法》之前，王锡阐在《五星行度》中使用几何方法构造了一个与第谷相似的宇宙模式，但他认为要入“大统之型模”就必须仍然采用传统的代数方法。因为他认为《崇祯历书》未能将中国传统的代数方法融合其中，是未能实现徐光启“熔彼方之材质，入大统之型模”的制历方针，但他却要在他的著作中切实地做出来。

那么，从古希腊开始的西方天文学家为什么要用几何模型的方法来构造太阳系的宇宙模式呢？无疑地，这一方法在实际天文学观测中能够预测日月五星的运行位置，解决在制定历法和星占中所提出的问题。在中国的古代就是完成“观象授时”和观天象以占吉凶的目的。但在西方的科学探索者心目中，还有欲明其在表象的运行之后的内在机制，也就是要描述出天体如何运行的宇宙模式。用亚里士多德的话来说就是：“哲学并不是一门生产知识，这一点，即使从早期哲学家们的历史看，也是很明白的。因为人们是由于诧异才开始研究哲学的。过去是这样，现在也是这样。他们起初是对一些眼前的问题感到困惑，然后一点一点前进，提出了比较大的问题，例如日月星辰的各种现象是怎么回事，宇宙是怎么产生的。……人们追求智慧是为了求知，并不是为了实用。”它不同于中国传统的治学态度，中国学者从古到今始终强调学以致用、知行合一，由于过于注重任何事物的实用性，故对事物的认知往往是只能知其然而不欲探明其所以然。亚里士多德(Aristotle，前 384—前 322)在其《物理学》一书中言：“现在我们应该进而研究原因，考察它们的性质和数目。认识是我们研究的目标，人们在掌握一样东西的为什么(即根本原因)之前，是不会认为自己认识了它的。……认识了它们的本原之后，我们就可以试着拿这些本原来解决我们的每一个问题了。”这种欲探索事物背后的其本来面目的努力，是科学发展的内在动力。爱因斯坦(Albert Einstein，1879—1955)1940 年在美国“科学、哲学和宗教同民主生活方式的关系讨论会”第一届会议上的发言中说：“要我们对什么是科学得出一致的理解，实际上并不困难。科学就是一种历史悠久的努力，力图用系统的思维，把这个世界中可感知的现象尽可能彻底地联系起来。说得大胆一点，它是这样一种企图：要通过构思过程，后验(Posterior，指从结果或经验事实推出原因或原理，同“先验”相对立)地重建存在。”

在科学生命中，爱因斯坦非常重视好奇心与想象力，他在《自述》中言：“现代的教学方法，竟然还没有把研究问题的神圣好奇心完全扼杀掉，真可以说是一个奇迹……认为用强制和责任感就能增进观察和探索的乐趣，那是一种严重的错误。我想，即使是一头健康的猛兽，当它不饿的时候，如果有可能用鞭子强迫它不断地吞食，特别是，当人们强迫喂给它吃的食物是经过适当选择的时候，也会使它丧失



其贪吃的习性的。”对于想象力，他说：“想象力比知识更重要，因为知识是有限的，而想象力概括着世界上的一切，推动着进步，并且是知识进化的源泉。严格地说，想象力是科学研究的实在因素。”从爱氏的论述来看几何模型的构造，好奇心引发了探索天体视运动表面现象背后内在原因的求知欲，而几何模型的构造则源于探索者的想象力。这就是欲知其所以然的科学精神之所在。而在西学东渐之初，徐光启已经敏锐地察觉了这与中国天文学截然不同的关键点。但是作为传译者的传教士，因为其自身欠缺这种科学的探索精神，故未能在《崇祯历书》中将西方天文学家构造几何模型式的宇宙模式的内在动机表述出来。虽然几何模型的方法引入了，而且在实际的应用上亦显示了它的正确性，但是却未能将科学精神的探索之火在中国引燃，故后来的中国学者也只能在知其然的层面上做工作，这也是《崇祯历书》未能实现徐光启科学思想最根本之原因。

将西方不同的天文学体系条理分明地融入以中国传统历法体制为形式的历书中，可谓是《崇祯历书》的一大特色。但由于编译者未能对欧洲古典几何体系本身作一明确的论述，遂使西方科学家对天体运行现象背后规律性的科学探索降级而为设“诸小轮诸不同心圈等，皆以齐诸曜之行度而已，非能实见其然，故有异同之说”的方法论的问题层面上了。其对中国天文学发展的直接影响就是明清之际在西学冲击下所产生的西学中源说，其思想曾因康熙帝的提倡和梅文鼎的大力阐扬而广泛流行于中国社会。就连精通中西天文学的中国清代天文学家王锡阐亦深受其影响，在其《历策》一文中云：“今者西历所矜胜者不过数端，畴人子弟骇于创闻，学士大夫喜其瑰异，互相夸耀，以为古所未有，孰知此数端者悉具旧法之中而非彼所独得乎！一曰平气定义以步中节也，旧法不有分至以授人时，四正以定日躔乎？一曰最高最卑以步朓朒也，旧法不有盈缩迟疾乎？一曰真会视会以步交食也，旧法不有朔望加减食甚定时乎？一曰小轮岁物以步五星也，旧法不有平合定合晨夕优见疾迟留退乎？一曰南北地度以步北极之高下，东西地度以步加时之先后也，旧法不有里差之术乎？大约古人立一法必有一理，详于法而不著其理，理其法中，好学深思者自能力索而得之也。西人窃取其意，岂能越其范围？”[①]他认为西法对日月五星的运动以及交食、定节气和授时的殊胜，实则悉见于中国旧法之中，这种错误的认识实与《崇祯历书》的传译者未能将西学 3 000 年来“弥微弥著，弥详弥简”的传习源流在历书中表述清楚是有关系的。

再有就是关于几何模型的建立停留在了方法论的层面上，这就将建立几何模型的方法等同于中国传统的代数学方法，对天体在宇宙中的实际运行就不再做深

① 阮元：《畴人传》，卷三十五。



人的研究了。这就未能实现徐光启所预想的“深言其所以然之故”。这样，后来的中国学者虽然在技术上掌握了这一科学的方法，但在思想上却未能真正理会构造几何模型的探索精神，从而也就无法真正理解哥白尼、开普勒、牛顿等人所建立的日心体系在人类认识史上的价值和意义。这也是许多后来的中国学者不及徐光启对西学理论理解深入的地方。人类对于宇宙图像的描绘竟能冲破自身感觉经验的幻象而与宇宙的实际现象相吻合，这是多么激动人心的时刻啊！爱因斯坦在《探索的动机》(在普朗克60岁生日庆祝会上的讲话)中说：“还有一种积极的动机，人们总想以最适当的方式来画出一幅简化的和易领悟的世界图像；于是也就试图用他的这种世界体系来代替经验的世界，并来征服它。……凡是真正深入研究过这一问题的人，都不会否认惟一地决定理论体系的，实际上是现象世界。”

《崇祯历书》对西方天文学知识的引入，仍是处在为中国人所用的层面上，为中国的历法制定服务。而且在当时的中国，就是引入西法来用仍面对着很强大的保守势力的反对。清朝历法之狱的出现，也正是中西文化交流中，矛盾尖锐化的一种表现，从中可以看出，《崇祯历书》在西学东渐之初，能够在短短的五六年中于中国学者和西方传教士手中完成，其成就是应该得到充分肯定的。历史的本来面目虽然不无令人遗憾之处，但人类的历史却始终是在不足与欠缺中努力地走向圆满与完善。



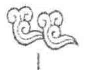


第七章　清代前期中国天文学体系的逐渐转变

第一节　清初两种天文学体系的继续较量

明末中西天文学的第一次对垒，实际上是以传统天文学的胜利告终的，直到崇祯皇帝走向末日，他始终没有将建立在西方天文学基础上的《崇祯历书》颁发。尽管在制历始末新旧两派的斗争中，从以天验历的标准看，西局始终占据上风，但就是不能取代《大统历》的正统地位，历局的人也始终未能把持钦天监大权。魏文魁一句"外夷之历学，非中国之历学也"，道尽了其中的奥秘。中国传统历法也讲以天验历，要求历法尽可能符合天象，但这一过程要显示的是天子的"知天命"，表达的是天子的权威；新历法显示的是科学，符合天象证明的是其宇宙模式的正确，而在这一套宇宙模式中，没有了至高无上的"天"，即使能计算准确，也与传统历学的目的大相径庭。在第四章第五节中，已经对崇祯皇帝在两种天文学体系的第一次较量中的态度作了介绍。他要求新历与旧历，"必须悉心互参，不可偏执"。新历中不讲"天命"，动摇了天文学与政权自洽的基础，所以被认定是偏执行为。这场表面上看来是天文学的争执，实质上是政治文化观念之争。

清政府颁行《新法历书》看来为明末的对垒画上了句号，但却有不同的政治背景。按照历史惯例，改朝换代往往要改历更元，清兵入关，自然不愿意继续行用前朝使用的大统历，汤若望比较顺利地使《新法历书》取代了旧历，但是他没有从中西天文学的第一次对垒中充分认识守旧势力的力量，对于中国传统的文化政治背景仍缺乏深刻的认识，陶醉于初步的胜利之中。他执掌了钦天监，成为负责一切占候择选要员的时候，不再小心地避免触犯忌讳；借着皇帝特别的恩宠，迅速发展教会势力，在 1651—1664 年短短十几年中，新受洗入教的超过 10 万。他们趾高气扬地宣称："东西万国皆为基督苗裔，中国自伏羲以下也不例外。"[①]连皇帝老子也没了"天子"的尊严。其实守旧势力从未把这场争执看成天文学的对垒，从来都是看做政治斗争的，因为中国古代天文学本来是政治统治的一部分。这一次作为旧势力的代表，魏文魁的后继，是新安卫官生杨光先。顺治十七年(1660)年底向礼部送上

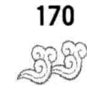



① 李祖白等:《天学传概》。

《正国体呈》，明白地表达了这一信念。康熙三年(1664)七月，杨光先在鳌拜、苏克萨哈的支持下又向礼部呈上《请诛邪教案》。杨光先认为《时宪历》开篇就有“依西洋新法”五字，是汤若望“窃正朔之权以予西洋”；他还说过：“臣监之历法，乃尧舜相传之法也；皇上所正之位，乃尧舜相传之位也；皇上所承之统，乃尧舜之统也；皇上颁行之历，应用尧舜之历。皇上事事尧舜，岂独于历有不然哉？今南怀仁天主教之人，焉有法尧舜之圣君而法天主教之法也。南怀仁欲毁尧舜相传之仪器，以改西洋之仪器。使尧舜之仪器可毁，则尧舜以来之诗、书、礼、乐、文章、制度皆可毁矣。”明确显示有牵天文历法之一发，而动中国封建传统之全身的担心。他的结论是：“光先之愚见，宁可使中夏无好历法，不可使中夏有西洋人；无好历法，不过如汉家不知合朔之法，日食多在晦日，而犹享四百年之国祚；有西洋人，吾惧其挥金以收拾我天下人之心，如抱火于积薪，而祸至无日矣。”杨光先还列出“颠倒觜参、颠倒罗针，谬历止二百年”等“谬”误，挑拨说：“皇上享无疆之历祚，而若望进二百年之历，其罪曷可胜诛？”[①]并“纤若望选荣亲王葬期用洪范五行，山向，日月俱犯忌杀”。[②]

这次以天文历法为缘由的对抗，使汤若望、南怀仁、利类思、安文思及钦天监官员俱拿问待罪。导致钦天监李祖白等五名官员处斩，汤若望监禁并于康熙五年(1666)死去，各省传教士押往广州，驱逐出境。新法暂时以失败告终，杨光先登上了执掌钦天监监务的舞台。

杨光先说他自己是“但知推步之理，不知推步之数”，所以屡上辞呈，不敢承接钦天监，因皇上不允，只得硬着头皮上任，废时宪历，复用大统历，结果自然可想而知。为了摆脱狼狈处境，他起用前回回科秋官正吴明炫的弟弟吴明烜任监副，改用回回历。但吴明烜本不通历法，他们推算出康熙八年当闰十二月，后发现不对，想改已来不及，因为《时宪书》已印竣发行，不得已又告谕天下停止闰月，表现出无力胜任钦天监职。他们的无能给南怀仁提供了机会。南于康熙七年(1668)十一月，上疏举杨光先所颁历书不合天象。十二月又劾吴明烜所选次年《七政时宪书》多谬。康熙命大臣与南怀仁、杨光先、吴明烜等 20 多人同赴灵台测验，结果“南怀仁所言皆合，吴明烜所言皆谬”。吴明烜只好辩解“臣只知天文，不知历法”。杨光先则再次声称“臣不知历法，惟知历理”。[③] 结果杨光先革职，南怀仁出任钦天监监副，这场对抗最终以新法胜利而结束。



清初发生在官方的这场对抗是不可避免的，以南怀仁为代表的新法的胜利也是必然的，由于技不如人，只得把钦天监大权交给西方传教士，促使中国天文学家

---

① 杨光先：《摘谬十论》，见《天主教东传资料汇编》。

② 见《清史稿》。

③ 摘自《清史稿》，中华书局。



努力去学习西方天文学知识。这场对抗反映出天文学体系的转变是一个缓慢的过程，有时甚至要付出生命的代价。对于守旧的人来说，这种转变是痛苦的，有些人是始终不能接受的。对于西方传教士而言，《新法历书》的颁用，使他们趾高气扬，皇上的恩宠，又大大提高了他们的政治地位与学术地位。例如 1653 年顺治皇帝赐号"通玄法师"给汤若望的时候，就把他称为超过中国历代天文大师的天文学家。其褒扬的话有："国家肇造鸿业，以授时定历为急务，羲和而后，如汉落下闳、张衡，唐李淳风、僧一行，于历法代有损益。元郭守敬号为精密，然经纬之度，尚不能符合天行，其后晷度遂以积差。尔汤若望来自西洋，精于象纬，闳通历法。……今特赐尔嘉名。"[①]这就使一部分中国学者颇为不服，他们心目中对中国古代的这些天文学家无比崇拜，并不认为汤若望可以与之相提并论。于是他们在学习西方天文数学知识的同时，也发掘中国古代的科学史料，并进行比较研究，在此基础上，逐渐形成"西学中源"说，力图证明西学的成就不过是借助了中国古代学术的精华。

"西学中源"论的代表人物有著名的学者黄宗羲、王夫之、方以智等。黄宗羲曾讲过："尝言勾股之术乃周公、商高之遗而后人失之，使西人得以窃其传。"意指中国古代的勾股术被西人窃取，其数学才得以发展。王夫之在他的《思问录·外篇》中说："盖西夷之可取者，唯远近测法一术，其他皆剽袭中国之绪余。"这两个人的观点很明显，认为西学是从中国"窃"去的。方以智在《天经或问》序言中说："《黄帝经》曰：'六合不离于五。'地在大中，大气举之。唐虞有璇玑，而以历数传道统；孔子从历闰衍《易》，明中五之用；周公、商高著《周髀》之法；邵、朱详劲风旋特兀然浮空之形。……万历之时，中土化洽，太西儒来，脬豆合图，其理顿显。胶常见者骇以为异，不知其皆圣人之所已言也。……子曰：'天子失官，学在四夷。'犹信立静夫以考度，定黄赤之两轴。穆天心主之冐如斯也，原不硋也。资为郯子，不亦可乎。"这是说，天地的构造，历算的知识，在黄帝、周公、孔子、邵雍、朱熹那里早已提到过了。这些知识，从东周开始向国外传播，也传到了西方。西方人来到中国又把我们传给他们的知识带回来了，我们不妨效法孔子向东夷的郯子问学的先例，亦可向西方人学习。其后另一位著名学者梅文鼎，精通传统文化，也精通西学，他于康熙二十八年(1689)应召到北京修《明史》，其中的《历志》部分出自梅文鼎之手，他在《历志》中有一段话："西洋人之来东土者，皆称欧罗巴人，其历法与回回同，而加精密。尝考前代，远国之人言历法者多在西域，而东南北无闻。盖尧命羲、和仲叔分宅四方，羲仲、羲叔、和叔则以东夷、南交、朔方为限，独和仲但曰'宅西'，而不限以地，岂非当时声教之西被者远哉。至于周末，畴人子弟分散。西域、天方诸国，接壤西陲，若非



① 《清史稿·汤若望传》，中华书局。

东南有大海之阻，又无极北严寒之畏，则抱书器而西征，势固便也。欧罗巴在回回西，其风俗相类，而好奇喜竞胜之习过之。故其历法与回回同源，而世世增修，遂非回回所及，亦其好胜之俗为之也。羲和既失其守，古籍之可见者，仅有《周髀》。而西人浑盖通宪之器，寒热五带之说，地圆之理，正方之法，皆不能出《周髀》之范围，亦可知其源流之所自矣。夫旁搜博采以续千百年之坠绪，亦礼失求野之意也，故备论之。”梅氏在这里更明确了“西学中源”说，而且具体指出把中学西传的人是尧时的天文官员和仲。这当然是无稽之谈，但除此又如何能使中国学者心理平衡呢？

梅文鼎虽极力维护传统文化，但他并不守旧，对西方文化的态度是积极的。他在北京修《明史》期间，曾向传教士张诚、白晋、安多等人学习数学和天文学。

另一个积极宣扬“西学中源”说的重要人物是康熙皇帝。康熙本人对西学并不拒绝，他也向传教士们学习数学和天文学。他对明末的东西历局之争以及清初杨光先和汤若望之间的殊死搏斗十分了解，知道其中有着深刻的民族矛盾。如何对待？这是亟待他解决的。“西学中源”说一出现，使他找到了解决这一矛盾的办法，虽不能根治，尚可临时应付吧。梅文鼎在《历学疑问》及《明史·历志》中提出“西学中源”说，康熙对此极为赞赏。随后康熙在其所著的《三角形论》一书中提出了“西学实源于中法”。

梅文鼎与康熙相互唱和，他看到康熙所著《三角形论》后，在其所著《绩学堂诗抄》中说：“大哉王言，著书家皆所未及”；“伏读圣制《三角形论》，谓古人历法流传西土，彼土之人习而加精焉尔。”梅文鼎认为尧时的和仲把《周髀》传到西方，而康熙又有所发展，认为是《易经》传到了西方，他曾讲过：“算法之理，皆出于《易经》。即西洋历法亦善，原系中国算法。”这种办法对于中西学术上的矛盾似乎也可以暂时缓和一下。这时的传教士们有的也在研究中国的经典，当然他们研究经典从明末就开始了，早期是为了熟悉中国的情况，后来是从学术的角度出发的。传教士白晋研究了中国的《易经》，并把《易经》介绍到欧洲。随后，康熙皇帝于1710年把传教士傅圣泽(J. F. Foucquet，1665—1741)从江西调到北京，协助白晋研究《易经》。康熙此举显然是为“西学中源”说服务的，而白晋学《易》，其中有取悦中国士大夫的成分，其目的则在于巩固西学在中国的地位，也就是巩固天主教在中国的地位。

“西学中源”说，表面上看是解决了一些中西文化冲突，但也给中国的科技的发展留下了后遗症，它使中国的科技发展受到了一定的阻碍。由于“西学中源”说的存在，使得多数人不能认真检查传统科技中的缺点，也不能冷静地看到别人的优点。

在乾隆年间编纂《四库全书》时，“西学中源”说依然在起作用。著名学者戴震，曾负责编纂《四库全书》中的历算部分。戴震学过西学，对中西历法都懂，也写过



《策算》和《勾股割圜记》等介绍西方数学的著作，学风严谨。但一涉及西方文化，也是受了“西学中源”说的影响，就不够冷静了，为“西学中源”说推波助澜。乾隆三十八年(1773)，戴入四库馆任纂修官，分工负责历算。他在《四库全书总目》中撰《周髀算经提要》，有以下一段话：“具本文之广大精微者，皆足以存在古法之意，开西法之源……明万历中，欧罗巴人入中国，始时立新法，号为精密。然其言地圆，即《周髀》所谓地位覆盘，滂沱四隤之下也。……西法出于《周髀》，此皆显证，特后来测验增收，愈推愈密耳。”这与梅文鼎的观点是一致的。

戴震是乾嘉时的杰出学者，很有学术方面的影响，但在评论中西历法方面，观点确有些偏颇。

阮元也是乾嘉时期的著名学者，在他主编的名著《畴人传》中，对很多问题的评价还比较公允，但对“西学中源”说，更向前推进了一步。他在《畴人传》中说：“西法实窃于中国，前人论之已详。地圆之说，本乎曾子；九重之论，见于《楚辞》。凡彼所谓至精极妙者……本为东来法。”传教士法国人蒋友仁曾于1773年向乾隆皇帝进献《坤舆全图》，介绍了哥白尼的“地动说”，阮元在《畴人传》中说它是“上下易位，动静倒置，则离经叛道，不可为训”。后来阮元又把“地动说”归功于张衡了，他在《畴人传续编》中说：“元且思张平子(张衡)有地动仪，其器不传。旧说以为能知地震，非也。元窃以为地动天不动之仪也，然则蒋友仁之谓地动，或本于此，或为暗合，未可知也。”阮元在对待地动问题上的态度是不妥当的，即如果地动是哥白尼提出的，那是“离经叛道，不可为训”，如果是张衡提出的，就可能是远见卓识、精妙绝伦的了。这实在不是科学态度。

阮元可谓是推动“西学中源”说的有力人物，使中国的学者们得到了一些心理上的平衡，对于学习西学的心理障碍略有缓解，有些积极作用，但副作用也是不可忽视的，出现了一股复古的大潮。不可否认，我们祖先确实创造了光辉的文化，但过分欣赏它的光辉，定会减弱对外来文化的学习，不能认识世界上的科技现状，也就不能审视自己的科技状况。

“西学中源”说流行于整个清代，对中国近代科技的发展起了较大的阻碍作用，对此不可低估。

天文学是科学，其源头在何处虽然也是重要的问题，但现实的发展是更重要的。清代的一些天文学家，在维护民族尊严方面是否欠缺些什么，值得我们深思。

中国固有的天文体系在古代应算是先进的，它也解决过历法中的一些问题。随着时代的推移，新问题的出现，旧有的天文体系就不适应了，这时应积极研究，以求得新的适应。如有新的天文体系，是不应拒绝的。明末传教士带来的天文体系，虽非当时西方先进的哥白尼体系，但比起我们的旧有体系还是先进的。如能接受，

当然很好，可惜只有少数人能接受，但也不完全心甘情愿，多数人采取了抵制的态度。这是出自对传统文化的维护，但毕竟知道自己落后了，这在感情上是十分痛苦的。

第二节 《历象考成》的编纂

一、编纂始末

清初沿用明末修成的《崇祯历书》，而改名《西洋新法历书》，所采用的仍是第谷的体系。1711 年，康熙发现钦天监用西法计算夏至时刻错误，与实测夏至日影不符，于是对大臣说："天文历法，朕素留心。西洋历，大端不误，但分刻度数之间，久而不能无差。今年夏至，钦天监奏闻午正三刻。朕细测日影，是午初三刻九分，此时稍有舛错，恐数十年后，所差愈多，犹之钱粮，微尘秒忽，虽属无几，而总计之，便积少成多，此事实有证验，非比书生作文，可以虚词塞责也。"[①]当时耶稣会士杨秉义（F. Thilisch，1670—1715）刚到北京，因此康熙就问他，杨秉义用利酌理（Riccioli）的表计算，所得结果与钦天监的不一样，康熙这才知道西方已经有新的表。因此康熙命皇三子允祉等向传教士学习，同时，自己也向耶稣会士学习天文数学知识。

1712 年，杨秉义和法国耶稣会士傅圣泽经挑选向康熙介绍天文学。于是傅圣泽开始翻译西方数学、天文学著作，他向康熙介绍开普勒、卡西尼、腊羲尔（P. de la. Hire，1640—1718）、哈雷等人的学说，许多是根据法国皇家科学院的著作写成的。其中有《历法问答》二卷，1715 年）、《七政之仪器》等天文著作，以及代数学著作《阿尔热巴拉新法》、佛拉哥（A. Vlacq，1600—1666）对数著作等。清初采用的黄赤交角是 23°31′32″（《西洋新法历书》），傅圣泽改为 23°29′2″[②]，更接近于《历象考成》的值 23°29′30″。



是否向中国人介绍哥白尼学说，在传教士中间争论十分激烈，如傅圣泽翻译开普勒的著作（介绍哥白尼学说），遭到了一些耶稣会士的反对，当时负责钦天监与耶稣会士在华工作的德国耶稣会士纪理安（K. Stumpf，1655—1720）对傅圣泽的做法就不支持，仍然支持第谷的体系，认为傅圣泽这样做会让中国人觉得西方天文学并不可靠，会使南怀仁以来传教士在钦天监的地位受到损害，影响天主教在中国的传播，此外还与天主教教义相左。

---

① 《圣祖实录》，卷二四六。

② J. Witek, *Controversial Idcas in China and in Europe*: A Biography of J. F. Foucquet, S. J. (1665—1741). Rome. 1982.



1713年，陈梦雷、王兰生等人建议编修天文历法书籍，培养天文算学的人才。同年，康熙诏开蒙养斋，编译《历象考成》和《数理精蕴》。当时蒙养斋聚集了许多学习天文算学的人才，在传教士指导下，进行学习和测量，许多数据是在畅春园测量的。

1714年，康熙“谕和硕亲王允祉等：北极高度、黄赤距度，于历法最为紧要，著于澹宁居后每日测量寻奏。测得畅春园北极高39°59′30″，比京城观象台高4′30″。黄赤距度，比京城高29°29′30″，报闻”。[①]

同年，允祉上奏至各地测北极高度事，并“以《御制律吕正义》进呈，得旨：律吕、历法、算法三书，著共为一部，名曰《律历渊源》”。[②]

自1708年开始大地测量，至《历象考成》编纂期间，庞嘉宾（K. Castner，1665—1709）、杜德美（P. Jartoux，1669—1720）、严嘉乐（K. Slavicek，1678—1735）等耶稣会士，也起到了一定的作用。在皇三子允祉周围，聚集了一批人才，如陈梦雷、王兰生、杨文言等为其编书，其中肯定包括天文方面的著作。需要提及的是，李光地在康熙年间聘请梅文鼎讲学，培养了一批人才，为《历象考成》的编制创造了条件。“雍正二年五月十七日奉旨开载纂修编校诸臣职名”中包括庄亲王允禄、诚亲王允祉；汇编何国宗、梅瑴成；分校魏廷珍、王兰生、方苞；考测顾琮、明安图等十人；校算何国柱等十五人；校录吴孝登等十五人，而梅瑴成、魏廷珍、王兰生等人都可称是李光地的弟子。

《历象考成》编写的另一个原因是觉得传教士在编撰《西洋新法历书》时，“自秘其学，立说复深隐不可解”[③]，于是重新开始编写《历象考成》。值得注意的是，《历象考成》的编撰名单里竟然没有一个传教士的名字，其中的原因可能是当时正遇上雍正禁教。《历象考成》的成书大概经过了两个阶段，首先在畅春园和全国各地进行精密的测量（如黄赤交角的测定），之后以传教士为指导进行计算和编纂。

二、《历象考成》的内容

《历象考成》上编“揆天察纪”，共分十六卷，包括历理总论，对天象、地体、历元、黄赤道、经纬度、岁差等天文学的基本概念、常数作了解释。关于岁差，“今新法实测晷影，验之中星，得七十年有余而差一度，每年差五十一秒”。还介绍了天文计算所使用的球面三角形，《西洋新法历书》原来没有“正弧三角形”，《历象考成》作了补充说明。

---

① 《圣祖实录》，卷二六〇。

② 《圣祖实录》，卷二六一。

③ 《四库全书·历象考成》。

在这基础上，日躔历理对太阳运动的模型作了详细介绍(卷四)。《历象考成》在计算“时差”(《西洋新法历书》作日差)时，考虑了太阳近地点每年有移动，把太阳高卑和赤道之升度两种因素，分别列表，比《西洋新法历书》“日差”把两个因素(太阳不在赤道上运动的影响和太阳视运动不均匀性的影响)合在一起考虑更为精确。① 《西洋新法历书》在推算日食三差时以黄道为根本，而三差生于月亮，因此《历象考成》改为白道为根本。② 日躔历理介绍太阳近地点③，《历象考成》的近地点位置(7°43′49″40)与南怀仁所编的《康熙永年表》(7°43′49″)相近，而与《西洋新法历书》相差较大，参照了《西洋新法历书》的方法，而具体历表计算参考了《康熙永年表》。“求两心差及最高”说明太阳的平均运动，其中两心差 e(eccentricity 的两倍)有所改变，《新法历书》从春分、秋分、立夏三节气的日时的间隔得到两心差值 $e=0.0358415$，而《历象考成》根据 1717 年二至(夏至、冬至)后太阳位置的观测定出 $e=0.0358977$。从《新法历书》以来，不精确的地方，用《康熙永年表》做了部分订正补充。④

月离历理详细介绍了月亮的各种行度(卷五)。关于月亮运动，第谷发现了二均差(Variation)，用本天、本轮、均轮、次轮、次均轮体系描述，《历象考成》用更清晰的图来表示，并用来解释因月亮的不均匀运动引起的初均数、二三均数。其中“黄白距度及交均”用图解方式说明，《历象考成》补充了月亮运动的不备。交食历理介绍了交食预报的各种数据(卷六、七、八)。⑤ 在计算月食方位时，《历象考成》为了避免黄道上的方位被人理解成地平方位，故采用月面方位的方法，这是根据王锡阐、梅文鼎《交食管见》上下左右的直观表示法。⑥ 还介绍了五大行星和恒星的原理(卷十至卷十六)，根据《灵台仪象志》，以康熙二十三年甲子天正冬至为历元，考虑岁差推算。黄赤交角对《历象考成》坐标(黄、赤道)换算特别关键，因为当时的许多测量工作都在畅春园进行，因此畅春园纬度的正确测定很重要，“黄赤距纬”介绍了根据多次测量夏至午正太阳高度得出的新的黄赤交角值，即 23°29′30″，《历象考成》据此重算了天文表(如庞大的“黄赤经纬互推表”)，而《灵台仪象志》也起到了重要作用。



① 中国天文学史整理研究小组:《中国天文学史》，232 页，北京，科学出版社，1981。

② 同上。

③ “最卑”，《西洋新法历书》为“最高冲”。

④ 桥本敬造:《〈历象考成〉の成立——清代初期の天文历算学》。见薮内清、吉田光邦编:《明清时代の科学技术史》，71 页，京都大学人文科学研究所，1970。

⑤ 桥本敬造列出了《新法历书》和《历象考成》的地影半径、太阴半径、太阳半径、南北差等数据的比较。同上书，75 页。

⑥ 中国天文学史整理研究小组:《中国天文学史》，232 页，北京，科学出版社，1981。



《历象考成》下编"明时正度"，包括日躔、月离历法；月食、日食历法，以及五星、恒星历法等共十卷，主要介绍各种天文数据及表格的用法。此外还有日躔、月离、五星、恒星、黄赤经纬互推等表共十六卷[①]，在每一表前说明用法。

总之，《历象考成》在天文体系上仍沿用第谷体系，在理论上没有做多大的变动，只是反复进行观测，提高了精度，并改进了一些天文数据，使得日月食的预报更为精确。和《西洋新法历书》相比，《历象考成》在图和表以及文字方面配合得比较好，逻辑比较清楚。通过对《历象考成》的分析，可知《西洋新法历书》、《灵台仪象志》、《康熙永年历法》等清初天文历算著作是《历象考成》的必要基础。

虽然傅圣泽向康熙介绍了大量的新的天文学说，如卡西尼等人关于木卫的理论、哈雷观测南天星座的成果、彗星理论（周期）、引力概念、开普勒的椭圆运动学说等，可惜的是康熙并没有把它印刷出来。此外《历象考成》的编纂，梅瑴成起到了比较重要的作用，在《历象考成》中部分体现梅文鼎对西法的看法。由于《历象考成》在理论上没有多大改进，因此在日、月食的预报上，误差仍然不小，其缺陷很快被后来负责钦天监工作的德国耶稣会士戴进贤（I. koegler，1680—1746）发现，这导致了《历象考成后编》的编纂。

第三节 《历象考成后编》

一、《历象考成后编》的编纂经过

明末编成的《崇祯历书》与康熙时编的《历象考成》，采用的都是第谷的宇宙体系，而当时西方天文学在观测、理论方面已有长足的进步。《历象考成》由于在理论上没有做重大改正，只是黄赤交角减少了约 $2'$，其余天文常数做了个别调整，已不能满足日月食的精确预报。



雍正时，钦天监监正戴进贤、徐懋德（A. Pereira，1689—1743，1724 年到北京，1727 年任监副）用第谷的方法推算日食，觉得有微差。雍正八年（1730）六月初一日日食，发现推算和实测不合[②]，于是钦天监监正明安图上奏，请求对《历象考成》进行重修，得到了雍正皇帝的批准，同年已修成日躔月离表。

---

① 在《历象考成》成书之前，实际上已有历表完成，即《御制钦若历书表》十六卷（京都大学人文研究所藏，题康熙五十二年内府刊本）。

② 关于此事的详细经过，参见徐懋德 1732 年 11 月 20 日信，见弗朗西斯·罗德里杰斯（Francisco Rodrigues）著：*Jesuitas Portugueses Astronomos Na China*（《葡萄牙耶稣会天文学家在中国，1583—1805 年》），Instituto Cultural De Macau. 1990。

据乾隆二年(1737)礼部尚书顾琮之奏书,当时的日躔、月离表共三十九页[①],由武英殿刊刻,续于《历象考成》之末,但此表无解说和推算之法。当时只有戴进贤、徐懋德和明安图能用此表,其他人都不会,于是顾琮请求增修图表解说,并推荐梅瑴成、何国宗为总裁。于是有《历象考成后编》之作,以监正戴进贤、徐懋德与汉人梅瑴成、何国宗,蒙古族人明安图等负责考测推算。

实际上,戴进贤等早就知道《历象考成》年久有误,但是因为没有证据,一直没有报告。从传教士的信件中,我们知道 1728 年,康熙之子允祥、允禄等已经知道卡西尼的名字,并希望了解其方法。[②] 乾隆三年,庄亲王允禄的奏书中提到噶西尼(即卡西尼,C. D. Cassini)、法兰德(J. Flamsteed,1646—1719)的新成就,包括:太阳地半径差[③];清蒙气差;日月五星之本天由原来的平圆改为椭圆。至 1738 年,已完成稿本日躔九篇,共一百零九页,表六十二页,用数算法七页,而月离、交食全书尚未完成。乾隆七年(1742),完成日躔、月离、交食稿本十卷,约刻于 1744—1745 年。书中采用了开普勒、牛顿、卡西尼等人的成果。

为编译《历象考成后编》,主管这一工作的和硕庄亲王允禄在乾隆七年(1742)四月十二日的奏书中称:"窃惟钦若授时,当顺天以求合,故必随时修改,此古今之恒宪也。我朝之用西法,本于前朝徐光启所译《新法算书》,其书非一家之言,故图表或有不合,而解说多所难晓,圣祖仁皇帝《御制历象考成》上下二编,熔西法之算数,入中法之型模。理必穷其本源,数必究其根抵,非惟极一时推测之精,固已具万世修明之道矣。"

"熔西方之材质,入大统之型模",是徐光启在明节末改历时提出的重要主张,在清初曾有很大的影响。[④] 而上述奏折表明清代官方编历,仍然赞成徐光启的改历主张,这种观点在编撰《仪象考成》时得到再次体现。



二、《历象考成后编》的内容及其改进

1. 关于开普勒、牛顿、卡西尼等人的学说

《历象考成后编》共分十卷,包括:日躔数理;月离数理;交食数理;日躔步法;月离步法;月食步法;日食步法;日躔表;月离表;交食表。下面介绍此书传入的新的天文学知识。

---

① 此表即为现在巴黎天文台保存的《御制历象考成表》二卷,详下。

② A. Gaubil: *Correspondance de Pekin*. p. 209, Geneve. 1970.

③ 旧定为 3′,今测只有 10″。

④ 韩琦:《徐光启对科学的看法及其对清代学者的影响》,见"Xu Guangqi(1562—1633 年) Chinese Scholar and Statesman 国际学术讨论会"论文,巴黎,1995。



卷一《日躔数理》，主要根据开普勒、卡西尼的椭圆运动理论，来阐述太阳的运动。

(1)“岁实”：介绍了奈端(即牛顿)等新测的回归年长度，即 365.242 334 420 141 5 日，而不用《历象考成》上编所采用的第谷的数据，即 365.242 187 5 日。

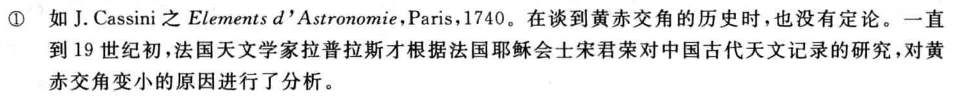
(2)“黄赤距纬”(即黄赤交角)：《新法算书》用第谷所测为 23°31′32″，康熙五十二年(1713)测得 23°29′30″，而《历象考成后编》采用了利酌理(G. B. Riccioli, 1598—1671)、卡西尼的数据，即 23°29′，因为编者认为“近日西法并宗噶西尼，故黄赤大距为 23°29′。根据西方和中国的实测经验，《历象考成后编》的编者已经认识到黄赤交角变小这一现象，而当时欧洲天文学界对黄赤交角变化尚没有一个确定的认识。[①]

(3)“清蒙气差”：用图详细介绍了卡西尼的蒙气差理论及计算方法。《历象考成》介绍了蒙气差的理论，而表仍据第谷之旧。戴进贤根据卡西尼的理论，采用了卡西尼的蒙气差数值，纬度 44°处最大为 32′19″，并介绍逐度计算蒙气差的方法。[②]

(4)“地半径差”(Parallax)：“地半径差者，视高与实高之差也。”主要介绍 1672 年卡西尼、利实尔(J. Richer)分别在法国巴黎和南美圭亚那岛所作的火星观测，所得的火星的周日地平视差，“康熙十一年壬子，秋分前十四日，火星与太阳冲，西人噶西尼于富郎济亚国测得火星距天顶 59°40′15″。利实尔于噶耶那岛测得火星距天顶 15°47′5″，同时用千里镜、能测微秒之仪器与子午线上最近一恒星，测其相距，噶西尼所测火星较低 15″”。[③] 并用图详细介绍了视差理论，火星的最大地半径差为 25″(视差)，比例得太阳在中距时，地平上最大地半径差为 10″。

(5)“用椭圆面积为平行”(开普勒第二定理)：解释了太阳绕地球以椭圆轨道运行的理论。“计太阳在椭圆周右旋，其所行之分椭圆面积，日日皆相等。”又说：“故太阳循椭圆周行，惟所当之面积相等，而角不等，其角度与积度之较，即平行实行之





① 如 J. Cassini 之 *Elements d'Astronomie*，Paris，1740。在谈到黄赤交角的历史时，也没有定论。一直到 19 世纪初，法国天文学家拉普拉斯才根据法国耶稣会士宋君荣对中国古代天文记录的研究，对黄赤交角变小的原因进行了分析。

② 根据的是 G. D. Cassini，Les Elemens de I'Astronomie verifiez par Monsieur Cassini par le rapport de ses Tables aux Observations de M. Richer faites en I'isle de Caienne，(1684). 载其 Divers ouvrages d'astronomie，为法国皇家科学院杂志 *Memoires de I' Academie Royale des Sciences*，contenant les ouvrages adoptez par cette academie avant son Renouvellement en 1699. 5.

③ 同本页注②，及 Richer，Observations astronomiques & physiques faites en I'Isle de Cayenne，Paris，1679，载于 *Recueild，observations faites en plusieurs voyages par ordre de sa Ma jeste，pour perfectionner I' Astronomie et la geographie*，Avec divers Traitez Astronomiques. Par Messieurs de l'Academie de I'Academie Royale des Sciences，Paris，1693. 傅圣泽在这之前更详细介绍了这次观测的过程。

差。”实际上是开普勒第二定理(面积定理)的定性描述,这在开普勒1609年出版的《新天文学》中首次出现,但《历象考成后编》以地为心,以太阳绕地旋转,采用了颠倒形式的开普勒定理。

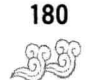
(6)“椭圆角度与面积相求”与开普勒方程的介绍:关于太阳运动的计算有两类问题:一是从实际观测到的太阳离开轨道近地点的角距离(“实行”,即真近点角)算出太阳轨道向径所扫过的椭圆面积,由此算出按平均运动计算的平均近点角(“平行”),《历象考成后编》称之为“以角求积”。另一计算是据平均运动推算在给定时刻的太阳的观测位置,《历象考成后编》给出三种解法,即“以积求角”、“借积求积”、“借角求角”。此节实际上介绍了开普勒方程。①

这些是当时比较新的内容,蒙气差、地半径差、黄赤交角等值的改进,是精确预报日月食的基础。

卷二《月离数理》,主要介绍关于月亮运动的理论。

“月离总论”先介绍《新法算书》、《历象考成》关于月亮运行的理论:“《新法算书》,初均而外,又有二均、三均、交均,盖因朔望之行有迟疾,故有初均。两弦又不同于朔望,故有二均,两弦前后又不同于两弦,故有三均,此经度之差也。朔望交行迟而大距近,两弦交行疾而大距远,故有交均,此交行之差,而亦纬度之差也。”由于月球轨道是椭圆,月球公转速度并不均匀,造成了中心差。月球轨道又有偏心率的变化,《历象考成后编》对这些现象作了介绍。

自从开普勒引入椭圆运动规律以来,牛顿、卡西尼等人对月亮运动理论和观测作了重要改进。月球在环绕地球作椭圆运动的同时,也随地球绕太阳公转,月球不但受到地球的引力作用,同时也受到太阳引力的影响,《历象考成后编》介绍了开普勒、牛顿、卡西尼等人的新成果,包括开普勒、牛顿用椭圆轨道计算月亮运行的方法,新引入了一平均、二平均、最高均、三平均,它们的含义是“自西人刻白尔(即开普勒)创为椭圆之法,专主不同心天,而不同心天之两心差,及太阴诸行,又皆以日行与日天为消息,故日行有盈缩,则太阴平行、最高行、正交行,皆因之而差,名曰一平均。日距月天最高有远近,则太阴本天心有进退,两心差有大小,而平行面积亦因之而差,名曰二平均。其最高之差,名曰最高均。又白极绕黄极而转移,则白道度有进退,而太阴之在白道,亦因之而差,名曰三平均。此四者皆昔日之所无,而刻白尔以来,奈端(即牛顿)等屡测而创获者也”。也就是介绍牛顿以来发现的由于太阳摄动的影响所造成的各种周期差。由于太阳运动的快慢,造成了月亮运动的不同,这就是一平均;由于太阳和月亮距离的不同,月亮椭圆轨道不同,形成月亮运动



① 薄树人:《清代对开普勒方程的研究》,见《中国天文学史文集》,第3集,北京,科学出版社,1984。



不均,叫做二平均。三平均则是由于摄动的影响造成的月亮运动的不均匀。

又新引入了"末均","求初均数"不再使用《西洋新法历书》用本轮、均轮推初均数的办法,"自刻白尔以平行为椭圆面积求实行,用意甚精,而推算无术,噶西尼等立借角求角之法,亦极补凑之妙矣"。也就是用新的方法对二均差作了介绍。而二均、三均以及关于黄白交角的数值也有了改变,这是开普勒以来,牛顿、卡西尼等屡测而改定的数据,与《历象考成》不同。并介绍了月亮的"地半径差"。以上是《历象考成后编》传入的最重要的内容。

卷三《交食数理》,主要介绍交食原理。

《历象考成》上编已经论述了交食的原理,"近日西人噶西尼等益复精求,立为新表"。卡西尼的新成果"如求实朔望,用前后二时日月实行为比例,昔之用平朔平望实距弧者未之及也"。因此《后编》在考虑了太阳、月亮上述种种小均匀性之后,在计算交食时,也把这些因素计算在内,为日食、月食的精确计算提供了保证。而这些方法也是用卡西尼的方法为依据的。此外,戴进贤还介绍了当时西方新的日月实径与地球半径之比例、视经的大小,与《新法算书》、《历象考成》都不同,这些都是计算日食和月食必须考虑的因素。另外还介绍了新的求影半径及影差的方法,"求高下差"则考虑地半径差(视差)的影响。对求日食食甚、初亏、复圆时刻,及日食带食也进行了介绍。

卷四《日躔步法》、《月离步法》,介绍计算太阳、月亮位置所需的数据及其所用的方法。

卷五《月食步法》,介绍了推算月食的常用数据和具体步骤。

卷六《日食步法》,介绍了推算日食的常用数据和具体步骤。

2.戴进贤与《历象考成后编》



德国耶稣会士戴进贤1716年到中国,应康熙之召,1717年1月抵达北京,佐理历政。雍正三年(1725)授钦天监监正,九年,加礼部侍郎衔,为二品官。乾隆三年(1738)任耶稣会中国省区副会长。作为在钦天监服务的监正,当传教士在中国受到排挤时,他曾上书皇帝,在皇帝和教会中斡旋。[①]

戴进贤来华时,正值清廷对耶稣会士由宽容转为严厉之际,雍正元年的禁教令把大多数耶稣会士赶到了澳门,他凭借天文学的特长,得以留用清廷。他任职钦天监达29年之久,他的科学贡献包括两个方面:其一,向中国人介绍了西方天文学的新成就,编纂了《黄道总星图》、《历象考成后编》与《仪象考成》;其二,在华进行了大

① 他的许多奏折保留至今。

量的天文观测,发回欧洲,并为欧洲科学界所利用。[①]

(1)戴进贤与《历象考成后编》之日躔月离表

至迟在1728年,耶稣会士戴进贤已经收到了德国英格尔城(Ingolstadt)的耶稣会数学与天文学教授格拉马蒂奇(N,Grammatici,? —1736)的日躔、月离表,这些表是根据牛顿原理计算的。[②] 因为戴进贤也在Ingolsrad工作过,所以他们之间经常通信,保持着密切的关系。格拉马蒂奇与欧洲的许多天文学家有密切的关系,对戴进贤寄往欧洲的天文观测予以宣传、介绍,并打算印刷戴进贤寄给他的有关中国的天文观测报告,同时把他所了解的天文学知识告诉戴进贤。[③]

戴进贤与格拉马蒂奇关系密切,同时为符合中国人天象观测的需要,很自然使他考虑把格拉马蒂奇的月离、日躔表收入《历象考成》作为附录[④],最后略作增补,收入《历象考成后编》,满足了中国人对准确预报日、月食的需要。在日躔、月离表编制过程中,耶稣会士徐懋德和宋君荣都帮助过戴进贤。[⑤]

有人认为《历象考成后编》介绍牛顿学说之原因是因为当时牛顿学说在欧洲已开始得到了更广泛的承认,因此才得以介绍到中国来,这种看法并不全面。因为,耶稣会士介绍这些知识是为了满足中国人更精确地预报日食、月食的需要,因此天文数据精确显得特别重要,而格拉马蒂奇的著作正好满足了这方面的需要;另外,在华耶稣会士与欧洲耶稣会士同行保持着密切的联系,使欧洲耶稣会土的科学著作能够及时介绍给中国人。[⑥]

(2)《历象考成后编》日躔、月离表的底本(根据牛顿学说编纂)

牛顿关于月亮的椭圆轨道理论是在开普勒三定律的基础之上得出的,牛顿证明了在和距离平方成反比的引力作用下,行星的运动将符合开普勒定律,并对月亮



① 戴进贤在华期间,进行了大量的天文观测。他与俄、英、法等国科学院的许多科学家保持着联系,如与当时在俄国的法国科学家德利斯勒(J. N. Delisle,1688—1768)通信密切,他的观测成果也常为欧洲的天文学家所引用,同时,他也及时汲取了欧洲天文学的新发现。在当时的耶稣会士看来,戴进贤是一个很好的天文学家。北堂图书馆曾藏有戴进贤使用过的天文著作。他的信件保存于巴黎、慕尼黑、维也纳及里斯本的图书馆中。他天文观测之勤,科学素养之高,在来华耶稣会士中是少见的。

② 1728年11月26日宋君荣给索斯耶(Souciet)的信,A. Gaubil:*Correspondance de Pekin*. P. 219,Geneve,1970。

③ 宋君荣1729年10月24日信,A. Gaubil:*Correspondance de Pekin*. Geneve,1970. p:246.

④ 在《历象考成》之后附录,是戴进贤的想法,见宋君荣1734年7月13日给Delisle的信,A. Gaubil:*Correspondance de Pekin*. Geneve. 1970. p:375.

⑤ 宋君荣1752年11月12日给Delisle的信,A. Gaubil:*Correspondance de Pekin*. Geneve. 1970. pp. 676,702.

⑥ 这种例子还有很多,如法国耶稣会士巴蒂(I. G. Pardies,1636—1673)的关于几何的著作就被翻译成《几何原本》,收入《数理精蕴》中,而他的星图,也被刻成中文。



进行了计算。1687 年,牛顿提出万有引力定律,从力学原理上解释了月亮的运动。在《自然哲学的数学原理》中证明,由于太阳摄动的影响,产生了月亮运动的主要周期差和近地点的进动,牛顿还发现以前不知的各种周期差。牛顿关于月球的理论影响了当时在德国的耶稣会士格拉马蒂奇,他根据牛顿的理论对月亮和太阳的运行进行了新的计算,它的书名即与牛顿有关。① 他的月离表,是当时首次用牛顿原理计算的一个表。②

法国巴黎天文台现在还保存有当时来华耶稣会士所寄的原刻本《御制历象考成表》两卷③,约刻于 1737 年,书上有各表的拉丁文名称。④ 卷上包括:太阳年根表、太阳周岁平行(《后编》卷七还有"太阳周日平行表")、太阳均数表、均数时差表、升度时差表、太阳视径表、太阳实行表(《后编》无)、日距地数表(《后编》作"太阳距地心表")、清蒙气差表。卷下包括:太阴年根表、太阴周岁平行表、太阴周岁平行表、太阴周日平行表、太阴第一平均表、太阴第二平均表、太阴最高均数表(《后编》卷八作"太阴最高均及本天心距地表")、太阴初均表、太阴二均表、太阴三均表、太阴末均表、太阴正交均数表(《后编》卷九作"太阴正交实均表")、黄白距纬表、太阴视径表(《后编》卷十作"太阴视半径表")、太阴实行表。

此表与《历象考成后编》相比,《后编》卷七"日躔表"多"黄赤距度表"、"黄赤升度表"、"太阳周日平行表";卷八"月离表上"多"日距地立方较表";卷九"月离表下"多"交角加分表"、"黄白升度差表";卷十"交食表"多"首朔诸根表"、"朔望策表"、"黄道赤经交角表"、"太阳视半径表"、"太阴距地心表"、"太阴地半径差表"、"太阳实行表",《历象考成后编》主要多了交食表的内容。

---

① 其标题为 Tabulae Iunares ex theoria et mensuris Geometrae celeberrimi Domini Isaaci Newtoni Equitis Aurati in gratiam Astronomiae Cultorum concinnatae a quodam Uranophilo e Societate Jesu. Ingolstadii. 1726. Par le P. Nicasius Grammatici,书上有 Delisle 手迹,巴黎天文台藏。来华耶稣会士在他们的书信中,也特别强调了 Grammatici 工作的牛顿力学基础。此书很短,只有说明 3 页,表 8 页(12 个表),据序言,除牛顿的著作外,还参考了 G. D. Cassini、J. Gassini、E. Menfredius、D. E. de Louville 的著作。

② 据 Tabulae Lunares ad Meridianum Parisinum quas supputavit vir clarissimus D. Tobias Mayer Academiae Regiae Goettingensis Socius, ante Hac Norimbergae Astronomus Celeberrinus. cum supplemento reliquarum tabularum lunarium D. Cassini, D. de la Lande et P. Helloe S. J. Vindobonae. 1763. 一书的评论。

③ 巴黎天文台编号为:A B1/11, Portef. 151。至少在 1751 年以前,耶稣会士刘松龄(A. von Hallerstein, 1703—1774)也给英国寄了日躔表、月离表,见宋君荣 1751 年给英国皇家学会秘书 Mortimer 的信,A. Gaubil: *Correspondance de Pekin*. p:643, Geneve, 1970. 刘松龄 1746 年任监正,又是英国皇家学会通讯会员。

④ 应该是耶稣会士的手笔,这样可很清楚了解中文表的来源。关于巴黎天文台日躔表、月离表与格拉马蒂奇的表的对应关系,笔者将另文讨论。有趣的是巴黎天文台所藏的格拉马蒂奇的表,恰为与耶稣会士保持密切关系的法国天文学家 Delisie 所藏。




总之，巴黎天文台所藏的《御制历象考成表》大体上是根据格拉马蒂奇的表制成的（也参考了《历象考成》表），是《历象考成后编》日躔、月离表的基础，但后者关于日躔、月离表比前者已有部分增加（参考了《历象考成》表），除格拉马蒂奇的著作以外，还可能加入了卡西尼关于月亮的内容和关于交食的计算，[①]因此上述四种日躔表、月离表的递修关系是：《御制钦若历书表》→《历象考成》表→《御制历象考成表》（卷上、卷下，巴黎天文台藏）→《历象考成后编》表。[②]

三、《历象考成后编》对东亚诸国的影响

1. 日本

日本宽政（1789—1800）年间的改历运动主要在于日月食和五星的观测，当时幕府召集了麻田刚立（1734—1799）、高桥至时、间重富等人，当时从清代输入的书中最有参考价值的是《历象考成后编》[③]，在当时最为精确，宽政历法立足于《历象考成后编》关于日月运行的开普勒定律的基础之上。麻田是老师，师徒三人对《历象考成后编》进行了研究。高桥至时（1803年）撰写的《新修五星图说》参考了《历象考成后编》的椭圆理论，又对五星进行了研究，而当时只有《历象考成》有关于五星的步法。麻田学派从事天文学研究的人数众多，影响很大。[④]

2. 朝鲜

明末朝鲜就派人到北京，向传教士汤若望和陆若汉（J. Rodrigues，1561—1633）学习，并从中国带回了耶稣会士翻译的天文书籍。此后一直到18世纪末，都有朝鲜人到北京，他们和传教士直接接触，把学会的科学知识带回朝鲜，为天文观测服务。据《增补文献备考》记载，1725年，《新修时宪七政法》，就参考了《历象考成》。之后，李朝天文历法学者能够初次正确计算日月五星与交食，也能够正确地制订历法。李朝朝廷派遣天文历法学者到清朝，学习最新的成果，1730年和1735年传入了最新的历书。当《历象考成》修订之后，1741年，即用《历象考成》的日躔、月离表来计算太阳和月亮的运动[⑤]，而五星的运动则用《历象考成》的方法来计算。《历象考成后编》是1742年之后刊成的，而1741年，观象台的天文学者安国宾、翻译官卞重和、金在铉等人已经跟戴进贤、徐懋德等人学习，传入李朝，他们归国时带



---

① 有可能参考了 J. Cassini 的 Tables astronomiques du Soleil，de la Lune，des Planetes，des Etoiles Fixes，et des Satellites de Jupiter et deSaturne；avec l'Explication & l'Usage de ces memes Tables. Paris. 1740.

② 关于《历象考成后编》交食表内容的来源，尚待进一步考证。

③ 天明六年（1786）左右麻田还没有见到《历象考成后编》，只有官府保存几本。

④ 渡边敏夫：《近世日本天文学史》（上、下），恒星社厚生阁，1986。

⑤ 可能和巴黎天文台的《御制历象考成表》相同。



回了《日月交食表》、《八线对数表》、《八线表》、《对数阐微表》、《日月五星表》、《律吕正义》、《数理精蕴》、《日食筹稿》、《月食筹稿》等书。[①] 1744年，观象台的天文学者金兑瑞，跟戴进贤学习了新的计算方法。1745年7月，金兑瑞及翻译官安命说购得《历象考成后编》而归，安国宾则学习这些新成果。这样李朝学者知道了开普勒的椭圆运动理论及交食的计算方法。[②]

1742年，朝鲜人金兑瑞、安国宾直接跟戴进贤学习，摹绘了戴进贤1723年的《黄道总星图》(共300座3083颗星)。[③] 1834年，金正浩木刻的《黄道北恒星图》和《黄道南恒星图》，也取自戴进贤的《黄道总星图》，南秉哲编集的《星镜》二卷二册，也收入了同样的星图。

3. 越南

《历象考成》还传入越南，据《大南实录》："嘉隆九年(1810)四月，阮有慎自清还，以大清《历象考成》书进言：我万全历与大清时宪书从前用明大统历法，三百余年未加改正，愈久愈差。清康熙年间参用西洋历法，汇成是编，步测精详，比之大统愈密……请付钦天监令天文生考求其法，则天度齐而节候正矣，帝称善。"[④]过了两年，参考《历象考成》，把万全历改为协纪历。从越南嗣德四年(1851)所编的《钦定大南会典事例》一书中，可看出越南阮朝钦天监的设置、职掌，大体和清代相同，其中钦天监所用官书，除《历象考成》外，还有《仪象考成》、《数理精蕴》、《灵台仪象志》等在清代钦天监所用的书，由此可见清代天文学对越南影响之一斑。

《历象考成后编》由于介绍欧洲新的天文学知识，使得日、月食的预报更为精确，耶稣会士戴进贤和徐懋德为此也得到雍正帝的赞赏而得以升官。令人感兴趣的是，《历象考成后编》为何采用颠倒的开普勒定律，下面对此略作解释。

值得指出的是，18世纪上半叶，法国天文学家并没有完全采用"日心说"和开普勒的椭圆运动学说，也只是把它当做一种假设而已。法国天文学家J·卡西尼的《天文学基础》(*Elements d' Astronomie*)介绍了开普勒的学说，并同时介绍了颠倒的椭圆运动理论，也介绍了其父G. D. 卡西尼的曲线运动学说以及地心学说。[⑤] 从




① 《日月交食表》可能就是《历象考成》之后所附的日躔月离表；《日食筹稿》、《月食筹稿》可能指《历象考成后编》关于日食、月食计算原理的初稿。

② 全相运：《韩国科学技术史》，96页，高丽书林，1978。

③ 全相运：《韩国科学技术史》，高丽书林，38～40页，1978。现藏法住寺，共8幅天文图屏风。

④ 《大南实录》，正编第一纪世祖实录，卷三二。

⑤ 见J. Cassini，*Elements d'Astronomie*(《天文学基础》)第六章，1740。关于开普勒学说，1710年、1719年法国科学院杂志对此有过解释。

当时的背景看,法国耶稣会士与法国皇家科学院的科学家关系极为密切[①],能迅速(一年左右)得到欧洲的天文学著作,而法国耶稣会士和戴进贤、徐懋德等人的关系也很密切,因此他们选择当时颠倒的开普勒运动规律,是有一定背景的。只要符合天象,法国天文学家经常采用不同的运动方式来说明天体现象。《历象考成后编》关于颠倒开普勒椭圆运动的学说,可能是根据J·卡西尼等人的著作编成的。[②]

《历象考成后编》在日、月食的预报上,精度大为提高,但对五星运动并没有改进,在介绍牛顿和说明月亮的运动时,也没有介绍引力概念,而康熙时傅圣泽早已介绍,他的这些成果没有被编入《历象考成》和《历象考成后编》,不能不说是一个极大的遗憾。

第四节 《仪象考成》

一、《仪象考成》的编纂经过

乾隆九年(1745),戴进贤给乾隆上奏书。因《灵台仪象志》有解、有图、有表,但由于岁差的关系,恒星的运行已与表不合;另外编纂《灵台仪象志》时,黄赤交角为23°32′,当时测得为23°29′,而书中所列表均据原来的值推算,与天象已经不合;而且当时发现星的数量不同,因此请求重修。经乾隆同意,由和硕庄亲王允禄负责,制造天文仪器,以观测大象。1752年,新测恒星经纬度表告成,1753年成书,乾隆命名为《仪象考成》[③]。

据《仪象考成》记载,乾隆十七年(1753)十一月参加人员有允禄、何国宗,考测戴进贤、刘松龄(A. von Hallerstein,1703—1794)、鲍友管(A. Gogails,Gogeisl,1701—1771,德国耶稣会士,1738年到中国),推算明安图等。[④] 乾隆十九年闰四月,监造诸臣职名,比上述多了傅作霖(*F*. da *Rocha*,1713—1781),而无明安图。[⑤]



---

① Han Qi, *Toward international science: roles of the French Jesuits and the Academie Royale des Sciences in the 17th-century and 18th-century French and Chinese Sciences*, in K. Hashimoto, C. Jami et L. Skar ed., *East Asian Science: Tradition and Beyond*. Kansai University Press. 1995.

② 见J. Cassini, *Elements d'Astronomie*(《天文学基础》),1740。Livre Ⅱ Du Soleil Chap. Ⅵ Des Hypothese qui servent à representer le Mouvement apparent du Soleil, & sa Distance à la Terre. 实际上,傅圣泽在1715年之前已经介绍了开普勒及后人的椭圆运动规律。

③ 《仪象考成》有1756年乾隆所作之"序",正式刊刻当在1756年或稍后。

④ 1753年乾隆提升刘松龄、郎世宁为三品,高慎思四品,鲍友管、傅作霖六品,应与《仪象考成》的编成有关。

⑤ 高慎思(J. d'Espinha,1722—1788)也参加了鲍友管、刘松龄的观测,见A. Gaubil: *Correspondance de Pekin*. Geneve. 1970. 1758年10月30日给Delisle信,第853页。



《仪象考成》由戴进贤奠定基础，但他于1746年去世，最后的工作主要由刘松龄在鲍友管及中国人的帮助下完成的。刘松龄是南斯拉夫耶稣会士，1738年到达北京，1746年继戴进贤任钦天监监正，1751—1762年任耶稣会视察员，是天文学家和地理学家。刘松龄热衷于天文观测，留下了大量的观测记录。刘松龄等耶稣会士经常从欧洲得到天文仪器，如测微器等，大大提高了观测精度。[①]《仪象考成》最后成书，刘松龄最费心血。

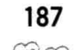
《仪象考成》包括卷首上、下(《玑衡抚辰仪说》卷上、卷下)，《恒星总纪》一卷，《恒星黄道经纬度表》十二卷，《恒星赤道经纬度表》十二卷，《月五星相距恒星黄赤经纬度表》一卷，《天汉经纬度表》四卷。

二、玑衡抚辰仪的制作及其社会背景

玑衡抚辰仪在《仪象考成》中占很大篇幅，其制造经过了相当长的过程，与当时的社会背景有密切关系。

康熙初年，比利时耶稣会士南怀仁(F. Verbiest，1623—1688)设计了六件天文仪器，大致是仿照第谷的著作完成的。这六件仪器包括天体仪、赤道仪、黄道仪、地平经仪、地平纬仪和六分仪。康熙末年，德国耶稣会士纪理安(K. Stumpf，1655—1720)又造了地平经纬仪。到了乾隆年间，戴进贤等耶稣会土发现，康熙初年南怀仁所造的天文仪器，其观测精度已不能满足需要，因此倡议修《仪象考成》，并铸造玑衡抚辰仪，在正式制造以前，先设计了三辰仪。

三辰仪是玑衡抚辰仪的模型，约为后者的五分之一。[②] 而三辰公晷仪是三辰仪的前身，有何国宗1744年所写的说明书一份。何国宗当时主持钦天监事务，负责《历象考成》、《历象考成后编》及《仪象考成》等书的编译工作。"三辰公晷仪"的含义是指："此仪测日、月、星皆可以知时刻，依各省北极高度为低昂，随处皆可用。"故名。



三辰仪是在三辰公晷仪基础之上改进的。乾隆九年十一月二十六日的奏折中曾提到："现设黄道、赤道两仪，俱径六尺，座高四尺五寸，今应按其尺度制造，谨用五分之一拟制成样，恭呈御览。"三辰仪上刻有乾隆丙寅年制字样，即1746年制造。三辰公晷仪环架结构是西式的，而三辰仪坐标环已采用传统浑仪中的双环结构，不

① 刘松龄和宋君荣还被授予英国皇家学会外国会员，见宋君荣1751年10月30日给Mortimer的信，A. Gaubil：*Corresponda-nce de Pekin*. pp：644～645，Geneve. 1970.

② 现藏故宫博物院，此外故宫还藏有三辰公晷仪。参见童燕等：《玑衡抚辰仪》，载《故宫博物院院刊》，1987(1)。

过子午圈仍为单环。[①]

乾隆九年(1744)十月二十七日,乾隆到观象台视察,十一月允禄奏请:因"三辰公晷仪制规仿玑衡,其用广大简易,为从前所未有",因此请求制造大仪,安放在观象台上,来进行观测。乾隆十九年(1754),又上奏曰:"臣等谨按:《尚书》蔡沈注云:'宋钱乐作浑天仪,即璇玑玉衡遗法,本朝因之,为仪三重,其在外者曰六合仪,次其内曰三辰仪,其在最内者曰四游仪。'臣等从前制造三辰公晷,规仿其制……故名三辰。"[②]但当时制造大仪,省略了黄道地平二环,以免遮蔽,实际上就是玑衡遗法,而更为简明,最后由乾隆定名为玑衡抚辰仪。

《仪象考成》卷首上称:"我皇上敬天法祖,齐政勤民,亲莅灵台,遍观仪象,以浑天制最近古,而时度信宜从今,观其会通,斯成钜典。于是用今之数目,合古之型模。御制玑衡抚辰仪,用裨测候,诚唐虞之遗意,昭代之新观也。其在外者,即古之六合仪,而不用地平圈……次其内即古之三辰仪,而不用黄道圈……其在内者即古之四游仪……夫羲和遗制,不可考已。汉世以来,或作而不传,或传而不久,盖制器尚象若斯之难也,而稽古宜今,至我朝乃臻尽善。易系传云:备物致用,立成器以为天下利,莫大乎圣人,讵不信乎?"

上面所引"用今之数目,合古之型模",显然参考了徐光启在编修《崇祯历书》时所提出的"熔西方之材质,入大统之型模"的主张,并切实地把这种观点用于改造中国古代传统的天文仪器。

与传统浑仪相比,玑衡抚辰仪去掉了地平单环、黄道双环和二分单环的上半部,安装了望筒微孔和十字丝,观测更为精确,用途与赤道经纬仪相仿,但赤道经纬仪仅能测得天体赤道经度,而玑衡抚辰仪设有固定赤道环(天常赤道环),能和游旋赤道相互比较,容易通过换算读出天体赤道经度。[③] 玑衡抚辰仪坐标环架均采用传统形式,但仪器刻度、游表、调平方式仍然是西方的,因此这一仪器是中西合璧的产物,是徐光启主张的再现。问题是,为什么在乾隆中期,再次出现了这种复古的倾向,其原因何在,这里将作简单解释。



中国古代天文二十八宿中,觜与参宿最为相近,但13世纪之后,因岁差的原因,传统觜前参后的顺序颠倒过来。清初耶稣会士负责钦天监事务,他们从科学和宣扬西法的角度出发,在制历时采用参前觜后的顺序。但这种改动遭到支持术数的保守人士的反对,在清初社会引起较大反响。乾隆五年修成的《协纪辨方书》,即

① 现藏故宫博物院,此外故宫还藏有三辰公晷仪。参见童燕等:《玑衡抚辰仪》,载《故宫博物院院刊》,1987(1)。

② 蔡沈注:《书经集传》,5页,上海,上海古籍出版社,1987。

③ 蔡沈注:《书经集传》,5页,上海,上海古籍出版社,1987。



主张恢复古代的传统顺序，但未获成功。[①] 乾隆年间编纂《仪象考成》时，保守人士成功地恢复了觜前参后的传统："自古皆觜宿在前，参宿在后，其以何星作距星，史无明文。《仪象志》以参宿中三星之西一星作距星，则觜宿在后，参宿在前，今依次顺序以参宿中三星之东一星作距星，则觜前参后，与古合，亦经顺序改正。"在乾隆年间的这种复古思想的影响下，通过制造传统的天文仪器，来实现古代的规制，正是玑衡抚辰仪产生的原因。在此，徐光启的"熔西方之材质，入大统之型模"却成为保守人士复古的指导思想。[②]

乾隆十九年(1754)三月三十日何国宗奏书称：《仪象考成》武英殿刊刻将次竣事，而玑衡抚辰仪告成，请求编制仪说，附成全帙。允禄等奉旨于乾隆十九年闰四月成仪说，首仪制，次制法，次用法，次算法，共上下二卷，请求交武英殿刊刻。

《玑衡抚辰仪说》卷上分仪制、制法，介绍仪器的各个零件的结构、用途及制造、安装方法。卷下则介绍仪器的用法，即测太阳时刻、日出入时刻及昼夜长短、太阳赤道经纬度、午正太阳高弧、月星赤道经纬度，测恒星求时刻、测月五星求时刻、测月星当中及偏度、测月星出入地平时刻，以及南北真线、北极高度、黄赤距度、黄白距度的测量方法；还用具体例子介绍了各种时刻、经纬度的换算方法。

三、《仪象考成》的恒星观测和星表编制

在《仪象考成》星表编成以前，戴进贤已编成《黄道总星图》，此图以黄极为中心，以外圈大圆为黄道的二幅南北恒星图，由意大利耶稣会士利白明(F. B. Moggi)镌为铜版，于雍正元年(1723)刊刻。此图以直线分为十二宫，边列宫名，节气随之，星分六等，它参考了南怀仁的《灵台仪象志》，但又有补充，如三角形星座就比《灵台仪象志》多"南增三"、"南增四"二星，后来戴进贤主持编纂的《仪象考成》即收录了这二颗星，看来在《仪象考成》成书之前，他已着手修订星图。在这两幅图内，还描绘了娥眉相时的金星、太阳黑子、木星的条斑和四颗卫星、土星环与五颗卫星、火星的黑暗表面及月面图等现象，这包括了伽利略、卡西尼、惠更斯(C. Huygens)等人的天文发现。



当时经实测，发现《灵台仪象志》多不合，1744年，戴进贤奏请修订，开始由他负责此事，1746年戴进贤去世后，由刘松龄、鲍友管率同监员明安图等详加测算，

① 黄一农：《清前期对觜、参两宿先后次序的争执——社会天文学史之一个案研究》。载于杨翠华、黄一农主编：《近代中国科技史论集》，71～93页，(台湾)中央研究院近代史研究所、国立清华大学历史研究所出版，1991。

② 韩琦：《徐光启对科学的看法及其对清代学者的影响》。"Xu Guangqi(1562—1633)Chinese Scholar and Statesman 国际学术讨论会"论文，巴黎，1995。

何国宗也参与其事。“于是逐星测量，推其度数，观其形象，序其次第，著之于图，计三垣二十八宿，星名与古同者，总二百二十七座，一千三百一十九星，比《仪象志》多十八座，一百九十星，与步天歌为近。”对“诸星纪数之阙者补之序之，紊者正之”。戴进贤等根据天文观测，并参考了中国的古星图与西方的星图，改正了顺序颠倒者105官445星[①]，又增加了1614星，“按其次序分注方位，以备稽考”。又近南极星23官150星，“中国所不见，悉仍西测之旧”，共计恒星300官3083星。与《步天歌》相比，星座星数凡有变化的，《仪象考成》都予列出。[②] 因书内星图体制微小，另绘制了大图。[③]

由于《仪象考成》星表编制在玑衡抚辰仪完成之前，因此《仪象考成》恒星的观测不可能用玑衡抚辰仪完成，因此当时所用的仪器很重要。值得注意的是，除了钦天监的观象台以外，耶稣会士还有自己的观象台。

北京南堂是葡萄牙耶稣会士的住处，历任钦天监监正汤若望、南怀仁、纪理安、闵明我、戴进贤、刘松龄、鲍友管、傅作霖等都在此居住[④]，他们经常从欧洲运来各种观测仪器，如象限仪、带有测微计或望远镜的各种天文仪器等，因此能够精确地进行观测，并对钦天监进行指导。他们同时把大量的观测报告寄给欧洲的耶稣会士科学家和法国皇家科学院、英国皇家学会、俄国圣彼得堡科学院及德国、葡萄牙等地的科学家。他们与欧洲科学家联系密切，能够及时得到欧洲的科学杂志，了解欧洲天文学的最新发展，如他们及时获得了耶稣会士天文学家格拉马蒂奇的著作、哈雷的天文表、德利斯勒的天文著作等，为在中国进行天文观测服务，并为钦天监提供咨询，以获得皇帝的信任。现在保存下来的戴进贤、刘松龄的观测记录，就是当时在南堂勤奋观测的结果，为欧洲天文学的发展作出了贡献。[⑤] 因此《仪象考成》星表的完成，所用的仪器，也可能得到了耶稣会士的帮助。但《仪象考成》星表主要是靠归算而成的，测量并不占很大比重。[⑥]

关于《仪象考成》星表的来源，据研究参考了弗拉马斯蒂 Flamsteed 的星表。[⑦] 这是很有可能的，因为1731年，葡萄牙耶稣会士就已经得到了弗拉马斯蒂的著作，

---

① 但《仪象考成》偏离传统星象的程度相当严重。参见潘鼐：《中国恒星观测史》，383页，上海，学林出版社，1989。

② 潘鼐：《中国恒星观测史》，379页，上海，学林出版社，1989。

③ 宋君荣1752年信提到星表完成，但未刻。见 A. Gaubil：*Correspondance de Pekin*. p：676，Geneve. 1970.

④ 参见 A. Gaubil：*Correspondance de Pekin*. p. 576，Ceneve. 1970.

⑤ 此外居住在北堂的耶稣会士宋君荣对天文学的发展也做出了极大贡献，他还帮助了戴进贤等人在钦天监的工作，是18世纪来华耶稣会士中对天文学作出贡献最大的一个耶稣会士。

⑥ 参见潘鼐：《中国恒星观测史》，380页，上海，学林出版社，1989。

⑦ 伊世同：《中西对照恒星图表》，187页，北京，科学出版社，1981。



而且1734年，宋君荣也写信，要求欧洲天文学家送英国人所著的 *Historia celestis*①，同时我们还发现刘松龄有使用弗拉马斯蒂的星表的记载。②

《仪象考成》星表的精度，较《灵台仪象志》有很大提高，使用弗拉马斯蒂的星表是精度提高的主要因素。二十八宿距星赤道经、纬度的误差，远小于（抽样）黄道经、纬度的误差，证明《仪象考成》是根据弗拉马斯蒂的星表的赤道坐标值归算而得的。二十八宿距星的平均误差为34″或26″，说明计算并不很精确。《仪象考成》的星名和《崇祯历书》、《灵台仪象志》的系统并不一致，这是由于对传统星象没有做很好的考订。③

第五节 《仪象考成续编》

一、《仪象考成续编》的编纂

道光四年（1824），委派宗室敬徵管理钦天监事务。道光十八年八月，敬徵在奏书中称：康熙十三年安装六台仪器时，测量的黄赤交角为23°32′，乾隆九年，编纂《仪象考成》、制造玑衡抚辰仪时，所测黄赤交角为23°29′。因时隔将近百年，用玑衡抚辰仪测量也有误差，于是重新更换了抚辰仪的轴心，进行了修正，对其他仪器也进行了安置，另外新设了一台象限仪。经过多年测量，得黄赤交角为23°27′。《仪象考成》所载恒星黄道、赤道经纬度都是按黄赤交角23°29′推定，岁差已有1°20′有余，因此以道光十四年为历元，用新测黄赤交角对恒星表进行了重修。④

道光二十三年，对恒星的赤道经度重新进行了测量，得“星体略大，书中未载者，丑宫多增十六星，子宫多十八星，亥宫多十八星，戌宫多十星，酉宫多十八星，申宫多十九星，未宫多十七星，午宫多七星，巳宫多八星，辰宫多九星，卯宫多十二星，寅宫多十一星。此外星体较小者，共多增六百余星。又书中原载，考测未见者，天狗正座一星，司禄外增二星，五诸侯外增二星，天相外增一星，天钱外增一星”。于是，《仪象考成》的300座3083星被增修为300座3240星，其中正星277座1319颗，增星1771颗，南极星座正星130颗，增星20颗。⑤ 又以道光二十四年（1844）为历元，先测量赤道经、纬度，再把赤道经纬度换算成黄道经纬度，黄道岁差定为每年



---

① 此书即为弗拉马斯蒂所著。见宋君荣1734年7月13日给德利斯勒的信，A. Gaubil: *Correspondance de Pekin*. p. 375，Geneve. 1970.

② 同时刘松龄还有哈雷的表，而哈雷曾利用过弗拉马斯蒂的成果。

③ 潘鼐：《中国恒星观测史》，382～383页，学林出版社，1989。

④ 据道光二十二年六月二十六日奏书。

⑤ 潘鼐：《中国恒星观测史》，384页，学林出版社，1989。

东行 52″，把星略大的附入星表，次年完成，定名为《仪象考成续编》。当时传教士已不再在钦天监任职，具体的观测和编修工作都是中国人自己完成的。

二、《仪象考成续编》的内容、对恒星的见解与观测精度

《仪象考成续编》包括《经星汇考》、《恒星总纪》、《星图步天歌》各一卷；《恒星黄道经纬度表》、《赤道经纬度表》各十二卷；《月五星相距星经纬度表》一卷；《天汉黄道经纬度表》二卷；《天汉赤道经纬度表》二卷，共三十二卷。共有总图三幅、三垣二十八宿三十一幅，其中赤道南北星图包括正星 1449 颗；恒星全图的恒显圈与恒隐圈都以北纬 40°为率，即在北京看到的天象；天汉全图，用书中所给定的经纬度表绘成。三垣二十八宿，配合步天歌[①]，共有三十一幅图。[②]

卷一的《经星汇考·南北岁差》对黄赤大距（即黄赤交角）的变化进行了论述："至若南北岁差，则实引而未发。由今考之，其黄赤大距古今不同之谓欤？古谓黄赤大距出入不逾二十四度，元郭守敬所用者为二十三度九十分三十秒，以今之度法通之，得二十三度三十三分三十二秒，西法谓亚里大各于周显王时，测得黄赤大距二十三度五十一分二十秒，依巴谷（即喜帕恰斯）于汉景帝时，测得黄赤大距亦二十三度五十一分二十秒，亚尔罢德于唐僖宗时测得黄赤大距为二十三度三十五分，至《新法算书》所用者，则为二十三度三十一分三十秒，《考成》前编写为二十三度二十九分三十秒，《后编》又定为二十三度二十九分，今之实测为二十三度二十七分，是则黄赤大距为古远而今近。或谓每年差近一秒，亦由自康熙二十三年甲子至道光十四年甲午，距百五十年，适差百五十秒而悟及者。且东西岁差，自晋成帝咸康中虞喜创始以来，中法历历可考，至今千五百年，每年差五十余秒，犹未定有成率，况黄赤大距所差至微者乎。若西法谓周显王时与汉景帝时所测恰合，又荒渺而无据者也。至若恒星黄道，古谓纬度不移，西法亦谓之终古不动，而今之实测，皆与前表不合，考之《灵台仪象志》与《新法算书》所载者，其各星纬度亦属有异，是知不移不动者，殆恒星附东西岁差之天以行，而其屡测不同者，乃黄道附南北岁差之天而徙也。

这里对黄赤交角的变化规律有了详细的沦述。实际上，《仪象考成续编》所用之黄赤交角值在 1844 年之前就已经由陈杰等人定出，诸可宝《畴人传三编》称陈杰：

自道光以来，尝亲在观象台督率值班天文生多人，频年实测黄赤大距，所得之数为二十三度二十七分，未经奏明，故当时未敢用。迄甲辰岁（1844）修《仪象考成

① 《步天歌》曾传入欧洲，现藏巴黎天文台。可能为康熙时期的作品，但无解说。

② 潘鼐：《中国恒星观测史》，387 页，上海，学林出版社，1989。



续编》成书，监臣即取此数上而钦定颁行焉。[①]

卷二《恒星总纪》中的《三垣二十八宿经星》、《近南极经星》，是按照道光二十四年实测恒星黄赤道经纬度列表，“并纪各星座总数，实历黄赤道各宫”。又参照《步天歌》做了改正。

卷三《星图步天歌》。《步天歌》相传为隋丹元子所著，当时比较通行的是康熙五十八年钦天监博士何君藩所订的本子，而星座步位尚有不合，于是对《步天歌》进行了重新解释。

卷四至卷三十二则为恒星黄、赤道经纬度等各种表。

卷一的《恒星高卑考》对星等作了解释，编者发现《新法算书》、《灵台仪象志》所载恒星的星等已有变化。根据当时实测的结果，与《仪象考成》比较，发现有 143 颗星大小有变化。如右旗第三星，《仪象考成》原注三等，而当时所测为六等。因此断定星等的变化是由于星运行高卑之不同引起的。对于恒星的星等来说，“西法论星体之大小，皆定为与地半径之比例，亦悬拟而不确”。而“恒星则去地极远，既无地半径差，即无由而比例，体径乃西法依土星去地量加其远，遂定为比例之率，已概见其无据”。因此认为：“是则恒星之体径，不能定为比例之率，星之消长，乃实由于高卑之行，其古今皆未计及者，中法或由考测之未周，西法则泥于比例之定率云尔。”

卷一的《恒星行度》. 古代考虑岁差，都认为恒星不动，西法始认为恒星有运动。“考之近年实测各星迟速微差，然则盈缩之说，恒星亦宜为有，第由星行高卑之微而致，讵岁差天之迟速使然耶？是故顺天求合法，必由渐而密。”肯定了恒星有自行概念。[②]

关于《仪象考成续编》的观测精度，据研究，以二十八宿距星为例，所得校算结果为：赤经与赤纬的平均偏差分别为 2′1″.7 及 41″.6[③]，稍大于《仪象考成》。《仪象考成》是用弗拉马斯蒂的星表归算得到的，而《仪象考成续编》是用玑衡抚辰仪和小象限仪等仪器测量的。

第六节 《灵台仪象志》

一、《灵台仪象志》的编纂与内容

《灵台仪象志》是清康熙十三年(1674)由比利时传教士南怀仁主编的，参与编

① 诸可宝：《畴人传三编·陈杰传》。陈杰《算法大成》卷八也使用同样的黄赤交角值。

② 中国天文学史整理研究小组：《中国天文学史》，234 页，北京，科学出版社，1981。

③ 潘鼐：《中国恒星观测史》，386～387 页，上海，学林出版社，1989。《仪象考成续编》的主要进展是新增星共 163 颗。关于道光增星的位置误差和清代仪器的精度，参见伊世同等：《道光增星——位置误差和清代仪器精度》，见《中国天文学史文集》，第 3 集，138～162 页，北京，科学出版社，1984。

写的还有31位中国钦天监官员。全书共十六卷：卷首为南怀仁写的序言和奏请；前四卷主要论述了南怀仁监制的黄道经纬仪、赤道经纬仪、天体仪、地平经仪、象限仪、经限仪等六架大型铜制天文仪器的结构、设计思想和使用说明，其中较多地涉及了西方近代早期的物理学知识，内容包括材料强度、物质体积质量、重心与稳定、简单机械、单摆周期等力学和地学知识，折射和色散等光学知识，湿度计、温度计等气象学和热学知识以及气、水、火、土四元素说等等；书的五至十四卷则刊载计有1870多颗恒星的黄道和赤道坐标表，增定附各曜小星的黄赤道坐标表以及一些坐标换算表；书的十五和十六卷为117幅极其精美的附图，通篇结构严谨，浅显易懂，图文并茂。

在卷一首先阐述了采用不同坐标体系的新制六仪测量同一天体坐标互为吻合，指出："康熙己酉（八年）正月初三日，是日立春。内院大学士图海、李蔚诸臣公名卿，奉旨同视测验立春一节。于本日午正，仁测得太阳依象限仪在地平上二十三度四十二分。依纪限大仪，离天顶正南五十六度十八分。依黄道经纬仪，在黄道线正中，在冬至后四十五度零六分，在春分前四十四度五十四分。依赤道经纬仪，在冬至后四十七度三十四分，在春分前四十二度二十六分，在赤道南十六度二十一分。依天体仪于立春度分所立直表，则表对太阳而全无影。依地平所立八尺零五寸表，则太阳之影长一丈三尺七寸四分五厘。六仪并用而参互之，而立春一节皆合于预推定各仪度分如此……"①

这六架仪器与明末仪器相比较最明显的区别在于仪器的划分采用了360°制，360°这一概念虽早在隋唐时期就已随佛经传入中国，但在此后漫长的历史年代中，由于种种原因一直未被正式采用，此次南怀仁监制六仪时，才首次将西方的测量制度正式固定下来，勿容置疑，这是对中国仪器发展的一大贡献。



在仪器的读数、照准等方面亦较中国传统仪器有较大改进，刻度划分日趋精细，比如赤道经纬仪规面上每一刻平分为3个长方形，每一方形平分5分，即一刻共15分，每一分又以对角线之比例，分为12细分，则一刻分为180细分，仪器的刻度盘上安有游表，利用表上指标斜线内插，可读得分以下小数，极大地提高了观测精度。

六仪中的黄道经纬仪和纪限仪为中国传统仪器中所未有，纪限仪打破了赤道、黄道、地平三种坐标的界限，应用几何学的原理可测得60°以内任意两颗星的角距离。

《新制灵台仪象志》中还具体提及在六仪制造的过程中所遇到的物理学方面的

---

① 《新制灵台仪象志》，卷一，2页。



问题，文中指出："径越长，则仪越难承负，仪体即重，若又加铜以图坚固，则径反弱而自下垂。"[①]因此南怀仁将黄道经纬仪的圆圈嵌入半圆，用以保持正圆的形状，防止由于重力作用将环圈拉为椭圆。同样纪限仪和象限仪在工艺制造方面的难度亦较大，只有将仪器的各个部分重心都恰好落在支承轴上才能保持仪器的平衡，就连雕刻在仪器上的流云和游龙也不单纯为装饰的美观，更重要的是根据力学的原理考虑仪器的配重比例。

居于六仪之首的天体仪，球面上嵌有 1876 颗恒星，分为 282 个星座，用铜星的大小来区分星的亮度，考虑到不同地理纬度的需要，在子午环南天西侧装有弧形齿条，转动与它衔接的齿轮就可以调节极轴与地平圈间的角距离，达到"此一仪之地平，亦即可以为天下各省之地平，而用之以测验浑天之象焉"[②]的目的。据书中记载，天体仪的用途多达 60 余种，但主要用于黄道、赤道和地平三种坐标的转换以及时刻的测定。

六仪中的地平经仪和地平纬仪是将本应在同一仪器上度量的地平经度和纬度，拆分在两仪单独测值，其寓意是为充分发挥仪器专长，配套使用，即避免环圈间的互相遮挡，又提高了观测精度，这种仪器制造的指导思想是第谷思想的体现与延续，当年第谷为提高观测精度，就曾将一架仪器拆分为两部分。

这六架大型铜仪做工精细，规模巨大，为世人所共睹。但我们也不得不看到，当时在欧洲已经开始大规模地使用折射望远镜并积极从事反射望远镜研制这一事实，对此刘金沂先生曾做出了中肯的评价："（此六仪）即比中国传统古典天文仪器有进步之处，但在当时世界上已属落后之列。"[③]这不能不说是一个很大的遗憾。

《灵台仪象志》中介绍的与六仪相关的力学知识，其主要资料来源译自伽利略的《力学》和《关于两门新科学（力学和弹性学）的对话和数学证明》两书。其余部分则涉及光学的折射现象和湿度计、温度计等。

在《灵台仪象志》的五至十四卷，以表格的形式重笔铺叙了拥有 1870 多颗恒星的黄道和赤道坐标表，增定附各曜小星的黄赤道坐标表以及一些坐标换算表。笔者对赤道经纬仪表中传统星象二十八宿恒星做了一些研究比较，剔除了二十八宿恒星的增星部分，为保持中国传统二十八宿的完整性，将《灵台仪象志》中所遗缺的二十八宿恒星的名称亦予以列出，将二十八宿恒星的赤道坐标与理论计算值相比较，进而得出平均误差，讨论这些恒星赤经、亦纬值的精确性，开就误差形成的原因做初步探讨，此外还对黄道星表及一些其他换算表做了较为简略的讨论。

① 《新制灵台仪象志》，卷二，21 页。

② 《新制灵台仪象志》，卷二，13 页。

③ 刘金沂等：《中国古代天文学史略》，210 页，石家庄，河北科学技术出版社，1990。

从《灵台仪象志》与《仪象考成》星表的比较可以看出,《灵台仪象志》星表归属于明末《崇祯历书》星表系统,其西测部分依据第谷星表和开普勒星表,其后的《仪象考成》星表的西测部分则主要依据弗拉姆斯蒂德星表,这两份星表的实质主要是中西星名的对照和考订工作,由于它们各自的渊源不同,而有较大的区别和差异,如笔者在从事赤道经纬仪表的计算过程中,发现在二十八宿恒星中就有亢宿二、三,房宿三、四,胃宿二、三,毕宿二、四、六,柳宿四、五,张宿四,翼宿二、三、四、五、六、七、八、九、十,附座星坟墓一、二、三、四,离宫五、六等共计二十七颗恒星在《灵台仪象志》和《仪象考成》星表中恒星编号不同,因而西名对应星也不相同,如附座星坟墓一、二、三、四,分别被编号为坟墓六、四、七、五,离宫五、六分别编号为离宫七、八,表明初期编号时的疏失。

又比如《灵台仪象志》赤道经纬仪表中未列出正座恒星星宿五、六、七,张宿六,毕宿七、八,翼宿十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二,其中翼宿十一、十五、十七、十八、十九、二十一、二十二等恒星虽然在其他星表中标有明确的坐标位置,但经过换算后却在星空中找不到对照星。在二十二颗附座星中遗缺钩钤二、离宫一、二、三、四等五颗星。探究在《灵台仪象志》中,未列出这些恒星的原因,有可能是将某些恒星列入了500颗无名小星的范畴,由此可以看出这两份星表隶属于不同的恒星命名系统,说《灵台仪象志》星表是清代星象的开始,倒不如说它是明代星象的结束更为确切。由于在这份星表中保留了更多初期星名编号讹误,对于后人研究古代星象的发展和变迁具有一定的意义。

二、《灵台仪象志》星表精度的研究

《灵台仪象志》赤道经纬仪表以康熙癸丑(1673)为历元,共计有1368颗恒星,赤经从0°至360°递增的次序排列。星表中的恒星位置精度为分的数量级,笔者对中国传统星象二十八宿恒星进行了精度分析,其理论值计算以GC星表提供的数据为依据,再反推到1673年的历元时刻。采用《全天恒星表》亦可取得同样的计算结果:

其计算公式为:

赤经 $\alpha_{1673}=\alpha_{1975}+AV_{\alpha}t+\frac{SV\alpha}{200}t^2+3^d_{\alpha}t\left(\frac{t}{100}\right)^3$

赤纬 $\delta_{1673}=\delta_{1975}+AV_{\delta}t+\frac{SV_{\delta}}{200}t^2+3^d_{\delta}t\left(\frac{t}{100}\right)^3$

式中:

α、δ 为1975年岁首的赤经、赤纬值;

AV_{α}、AV_{δ} 为赤经、赤纬的年变量;



SV_α、SV_δ 为赤经、赤纬的长期变化值；

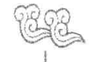
$3_\alpha^d t$、$3_\delta^d t$ 为赤经、赤纬的三次项。

其理论值与《灵台仪象志》所载值的比较见计算表 7－1。[①]

通过对计算表格的分析可得知，二十八宿距星赤经的平均偏差 $\Delta\alpha$ 为 5′.96，赤纬的平均偏差 $\Delta\delta$ 为 7′.96；二十八宿恒星赤经的平均偏差 $\Delta\alpha$ 为 12′.02，赤纬的平均偏差 $\Delta\delta$ 为 8′.07，其中某些恒星的赤道坐标值相当精确，如氐宿三，赤经、赤纬的平均偏差 $\Delta\alpha$、$\Delta\delta$ 均为 0；亢宿三 $\Delta\alpha$ 为 0，$\Delta\delta$ 为＋1′；危宿一 $\Delta\alpha$ 为 0，$\Delta\delta$ 为－2′；室宿一 $\Delta\alpha$ 为－1′，$\Delta\delta$ 为 0；参宿六 $\Delta\alpha$ 为＋1′，$\Delta\delta$ 为 0，星宿二 $\Delta\alpha$ 为 1′，$\Delta\delta$ 为 3′，还有离宫七，坟墓六、七，附耳以及伐一、二、三均很精确，但亦有一些恒星的误差较大，比较突出的如亢宿二 $\Delta\alpha$ 高达－2°07′，角宿二 $\Delta\alpha$ 为－1°14′；尾宿四 $\Delta\alpha$ 为 1°32′；尾宿七 $\Delta\alpha$ 为－1°6′；箕宿四 $\Delta\alpha$ 为－1°18′；奎宿十 $\Delta\alpha$ 为 1°2′。这六颗星的共同特点是赤经的平均偏差，$\Delta\alpha$ 都大于 1°，而赤纬的平均偏差都小于 1°。

从表中的数据可以明显地看出，二十八宿距星的赤经、赤纬精度要高于二十八宿其他恒星，这一结果完全符合中国的观测特点，中国历来将二十八宿距星作为标准星，对它们的观测极为重视，观测的频率要比其他恒星高得多，因此二十八宿距星的观测值比二十八宿其他恒星观测值精确是完全在情理之中的。问题在于，西测星表对此不可能注意，表明距星坐标值混有早年实测数据或当年在中国的新测数据。

从统计分析的综合结果来看，二十八宿恒星赤经的平均偏差 $\Delta\alpha$ 大于赤纬的平均偏差 $\Delta\delta$，这应该与人们使用仪器观测天体视位置的方法有关，在观测过程中天体赤纬值可以从仪器的刻度盘上直接取得，而赤经值则一般需要先寻找一颗已知星，再测出两颗星间的赤经差，这样势必会引入已知星的赤经误差，影响赤经值的精度。



产生误差的另一个重要原因，是在中国传统星象二十八宿恒星中多为暗星，而在西方星表中都以亮星为主，这就出现了某些恒星在西方星表中根本就无数据可查，只能引用中国古代的数据，但有些中国古代恒星数据的具体观测年代不详，无法准确地加进岁差改正，由此而造成的精度误差就不言而喻了。

此外，在誊抄恒星位置时出现的笔误，也在所难免，其中亢宿二就可能属于这种情况。

至于《灵台仪象志》的黄道星表实际上就是《崇祯历书》中的黄道星表，它以康熙壬子(1672)为历元，而《崇祯历书》中的黄道星表是以公元 1628 年为历元，两者

① 其中理论值的计算参考陈美东《关于古代恒星位置表》一书。

相差44年，《灵台仪象志》中所采用的岁差值为51″，则44年共差37′.4，由此可见《灵台仪象志》中的黄经值只是在《崇祯历书》星表基础上逐年增加37′.4这个常量而已，其黄纬值β则两者完全相同，因此《灵台仪象志》黄道星表反映的仅仅是《崇祯历书》黄道星表的水平。

考察《时刻之分及赤道并地平度分相应表》时发现，地平经度A的理论计算公式在δ=0时，应为

$\tan A=\frac{1}{\sin\varphi}\tan t$（φ为当地地理纬度，$t$为时角），用这一理论公式计算出的数值与该表中所列数值无一相符，但若采用$\tan A=\sin\varphi\cdot\tan t$这一公式所计算出的数值，就与表测值大略相同，这说明表中所列数值根本就不是地平经度的数值，更无从谈起它的精确度了。

在《灵台仪象志》星表中还存在许多其他问题，诸如黄道星表与赤道星表中星名对不上，同一个星名重复出现两三次，故而给出不同的坐标值，以及计算粗糙等问题，笔者认为这一方面应归结于南怀仁本人的工作，但其他计算者，在恒星观测及其后的具体归算过程中，研究和计算水平各异也是不容忽视的人为因素之一。

从总体上看，《灵台仪象志》这部书在传播西方先进的物理学知识，介绍西方天文仪器以及恒星图表等方面做了一定的工作，具有一定的研究价值，但由于成书匆忙，其问题是十分明显的。

表7—1 《灵台仪象志》赤道经纬仪表误差分析

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
1	角宿一(α Vir)	197°04′	−9°18′	197°03′	−9°26′	+1′	−8′
2	角宿二(ξ Vir)	198°16′	−1°00′	199°30′	−0°06′	−1°14′	+4′
3	亢宿一(κ Vir)	208°49′	−8°40′	208°53′	−8°43′	−4′	−3′
4	亢宿二(φ Vir)	210°43′	−00°38′	212°50′	−0°44′	−2°07′	−6′
5*	亢宿三(ι Vir)	209°44′	−4°15′	209°44′	−4°14′	0′	+1′
6*	亢宿四(λ Vir)	210°20′	−11°36′	210°22′	−11°50′	−2′	−14′
7	氐宿一(α Lid)	218°16′	−14°24′	218°13′	−14°39′	+3′	−15′



续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
8	氐宿二 (ι Lid)	223°27′	−18°26′	223°25′	−18°31′	+2′	−5′
9	氐宿三 (γ Lid)	229°20′	−13°39′	229°20′	−13°39′	0′	0′
10	氐宿四 (β Lid)	224°54′	−8°03′	224°52′	−8°08′	+2′	−5′
11	房宿一 (π Sco)	234°51′	−25°00′	234°48′	−25°08′	+3′	−8′
12	房宿二 (ρ Sco)	234°32′	−28°01′	234°12′	−28°13′	20′	−12′
13 *	房宿三 (β Sco)	236°34′	−18°44′	236°38′	−18°52′	−4′	−8′
14 *	房宿四 (ε Sco)	235°17′	−21°34′	235°12′	−21°39′	+5′	−5′
15	钩钤一 (ω Sco)	237°00′	+19°40′	236°56′	+19°44′	+4′	−4′
16	钩钤二 (ω Sco)						
17	心宿一 (σ Sco)	240°17′	−24°35′	240°21′	−24°45′	−4′	−10′
18	心宿二 (α Sco)	242°24′	−25°30′	242°22′	−25°39′	+2′	−10′
19	心宿三 (τ Sco)	243°50′	−27°05′	243°54′	−27°29′	−4′	−24′
20	尾宿一 (μ Sco)	246°35′	−36°50′	247°27′	−37°26′	−52′	−36′
21	尾宿二 (ε Sco)	247°08′	−32°53′	247°13′	−33°40′	−5′	−37′
22	尾宿三 (ζ Sco)	247°17′	−40°36′	247°55′	−41°45′	−29′	−1°09′
23	尾宿四 (η Sco)	253°40′	−42°01′	252°08′	−42°46′	+1°32′	−45′
24	尾宿五 (θ Sco)	257°28′	−41°40′	258°28′	−42°44′	+1°00′	−1°4′



续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
25	尾宿六 (ι Sco)	260°32′	−39°47′	261°11′	−39°56′	−39′	−9′
26	尾宿七 (κ Sco)	258°53′	−38°13′	259°59′	−38°48′	−1°06′	+35′
27	尾宿八 (λ Sco)	257°17′	−36°13′	257°51′	−36°48′	−34′	−35′
28	尾宿九 (ν Sco)	256°40′	−36°23′	257°09′	−36°58′	−29′	−35′
29	神宫 (μ Sco)	247°45′	+40°01′				
30	箕宿一 (γ Sgr)	265°44′	−29°50′	266°12′	−30°23′	−28′	−33′
31	箕宿二 (δ Sgr)	269°32′	−29°52′	270°01′	−29°54′	−29′	+2′
32	箕宿三 (ε Sgr)	269°56′	−34°16′	270°37′	−34°29′	−41′	−13′
33	箕宿四 (η Sgr)	267°40′	−36°55′	268°58′	−36°49′	−1°18′	+6′
34	斗宿一 (φ Sgr)	276°20′	−27°02′	276°18′	−27°16′	+2′	−14′
35	斗宿二 (λ Sgr)	271°53′	−25°28′	271°57′	−25°34′	−4′	−6′
36	斗宿三 (μ Sgr)	268°38′	−21°00′	268°33′	−21°05′	+5′	−5′
37	斗宿四 (σ Sgr)	278°47′	−26°37′	278°44′	−26°39′	+3′	−2′
38	斗宿五 (τ Sgr)	280°49′	−27°31′	281°37′	−28°07′	−48′	−36′
39	斗宿六 (ζ Sgr)	279°31′	−29°53′	280°26′	−30°17′	−55′	−24′
40	牛宿一 (β Cap)	300°34′	−15°42′	300°39′	−15°46′	−5′	−4′
41	牛宿二 (α Cap)	299°49′	−13°24′	299°58′	−13°31′	−9′	−7′



续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
42	牛宿三 (ζ Cap)	298°39′	−13°27′	298°33′	−13°33′	+6′	−6′
43	牛宿四 (π Cap)	301°50′	−19°19′	302°08′	−19°15′	−18′	+4′
44	牛宿五 (ο Cap)	302°38′	−19°20′	302°46′	−19°38′	−8′	−18′
45	牛宿六 (ρ Cap)	302°27′	−18°44′	302°32′	−18°51′	−5′	−7′
46	女宿一 (ε Aqr)	307°29′	−10°43′	307°21′	−10°39′	0′	+4′
47	女宿二 (μ Aqr)	308°38′	−10°07′	308°45′	−10°10′	−7′	−3′
48	女宿三 (　Aqr)	308°57′	−7°07′	308°31′	−6°49′	+26′	+18′
49	女宿四 (κ Aqr)	307°51′	−6°14′	307°37′	−6°12′	+12′	2′
50	虚宿一 (β Aqr)	318°29′	−6°53′	318°35′	−6°59′	−6′	−6′
51	虚宿二 (α Equ)	314°44′	+4°02′	314°52′	+3°56′	−8′	+6′
52	危宿一 (α Aqr)	327°14′	+1°51′	327°14′	−1°53′	0′	−2′
53	危宿二 (θ Peg)	328°22′	4°41′	328°27′	4°37′	−5′	+4′
54	危宿三 (ε Peg)	321°58′	+8°28′	322°02′	+8°18′	−4′	+10′
55 *	坟墓四 (γ Aqr)	331°07′	−2°56′	331°12′	−3°00′	−5′	−4′
56 *	坟墓五 (π Aqr)	332°07′	−0°11′	332°08′	−0°16′	−1′	−5′
57 *	坟墓六 (ζ Aqr)	333°00′	−1°37′	333°00′	−1°40′	−0′	−3′
58 *	坟墓七 (η Aqr)	334°38′	−1°45′	334°38′	−1°47′	0′	−2′

续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
59	室宿一(α Peg)	342°07′	+13°27′	342°08′	+13°27′	−1′	0′
60	室宿二(β Peg)	341°54′	+26°20′	342°01′	+26°20′	−7′	0′
61	离宫一(λ Peg)						
62	离宫二(μ Peg)						
63	离宫三(o Peg)						
64	离宫四(η Peg)						
65 *	离宫七(τ Peg)	346°09′	+21°57′	346°08′	+21°57′	+1′	0′
66 *	离宫八(μ Peg)	347°50′	+21°51′	347°18′	+21°56′	+32′	−5′
67	壁宿一(γ Peg)	359°00′	+13°16′	359°07′	+13°22′	−7′	−6′
68	壁宿二(α And)	357°53′	+27°11′	357°54′	+27°16′	−1′	−5′
69	奎宿一(η And)	9°50′	+21°36′	9°58′	+21°36′	−8′	−2′
70	奎宿二(ζ And)	7°33′	+22°37′	7°31′	+22°29′	+2′	+8′
71	奎宿三(i Psc)	8°08′	+25°46′	8°07′	+25°55′	+1′	−9′
72	奎宿四(ε And)	5°14′	+27°33′	5°20′	+27°31′	−6′	+2′
73	奎宿五(δ And)	5°35′	+29°02′	5°30′	+29°03′	+5′	−1′
74	奎宿六(π And)	4°46′	+31°51′	4°53′	+31°55′	−7′	−4′
75	奎宿七(u And)	7°55′	+39°15′	8°00′	+39°17′	−5′	−2′





续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
76	奎宿八 (u And)	9°22′	+37°40′	9°43′	+37°43′	−21′	−3′
77	奎宿九 (β And)	12°42′	+34°00′	12°54′	+33°52′	−12′	+8′
78	奎宿十 (τ Psc)	13°07′	+29°45′	12°05′	+30°25′	+1°02′	−40′
79	奎宿十一 (τ Psc)	13°23′	+28°20′	13°27′	+28°20′	−4′	0′
80	奎宿十二 (I Psc)	15°43′	+26°55′	15°48′	+27°00′	−5′	−5′
81	奎宿十三 (μ Psc)	15°25′	+25°36′	15°24′	+25°32′	+1′	+4′
82	奎宿十四 (φ Psc)	14°01′	+23°00′	14°02′	+22°50′	−1′	+10′
83	奎宿十五 (χ Psc)	12°37′	+18°53′	13°30′	+19°17′	−53′	−24′
84	奎宿十六 (ψ Psc)	12°15′	+19°45′	12°04′	+19°43′	+13′	+2′
85	娄宿一 (β Ari)	24°00′	+19°20′	24°10′	+19°11′	−10′	+9′
86	娄宿二 (γ Ari)	23°50′	+17°45′	23°55′	+17°40′	−5′	+5′
87	娄宿三 (α Ari)	27°10′	+21°57′	27°13′	+21°53′	−3′	+4′
88	胃宿一 (35 Ari)	36°07′	+26°20′	36°06′	+26°17′	+1′	+3′
89 *	胃宿二 (41 Ari)	37°40′	+25°55′	37°43′	+25°52′	−3′	+3′
90	胃宿三 (39 Ari)	37°10′	+27°56′	37°10′	+27°51′	0′	+5′
91	昴宿一 (17 Tau)	51°53′	+23°01′	51°24′	+23°02′	+29′	−1′
92	昴宿二 (q Tau)	51°12′	+23°21′	51°28′	+23°24′	−16′	−3′



续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
93	昴宿三 (21 Tau)	51°30′	+22°50′	51°43′	+22°54′	−13′	−4′
94	昴宿四 (20 Tau)	51°25′	+23°16′	51°37′	+23°18′	−12′	−2′
95	昴宿五 (23 Tau)	51°10′	+23°02′	51°45′	+22°53′	−35′	+9′
96	昴宿六 (η Tau)	52°20′	+22°58′	52°29′	+22°53′	−9′	+5′
97	昴宿七 (27 Tau)	52°21′	+23°03′	52°27′	+23°00′	−6′	+3′
98	毕宿一 (ε Tau)	62°19′	+18°25′	62°24′	+18°24′	−5′	+1′
99 *	毕宿二 (γ Tau)	60°15′	+14°55′	60°15′	+14°47′	0′	+8′
100	毕宿三 (δ Tau)	60°58′	+16°43′	61°03′	+16°44′	−5′	−1′
101 *	毕宿四 (θ Tau)	62°26′	+15°10′	62°30′	+15°11′	−4′	−1′
102	毕宿五 (α Tau)	64°18′	+15°53′	64°14′	+15°47′	+4′	+6′
103 *	毕宿六 (λ Tau)	55°40′	+11°34′	55°39′	+11°31′	+1′	+3′
104	毕宿七 (71 Tau)						
105	毕宿八 (68 Tau)						
106	附耳 (σ Tau)	65°10′	+15°10′	65°10′	+15°13′	+0′	−3′
107	觜宿一 (λ Ori)	79°25′	+9°48′	79°17′	+9°40′	+8′	+8′
108	觜宿二 (　Ori)	79°21′	+9°18′	79°14′	+9°14′	+7′	+4′
109	觜宿三 (φ Ori)	79°44′	+9°09′	79°45′	+9°02′	−1′	+7′



续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
110	参宿一 (ζ Ori)	78°55′	+0°28′	78°50′	−0°35′	+5′	−7′
111	参宿二 (ε Ori)	79°55′	−1°20′	79°55′	−1°27′	0′	−7′
112	参宿三 (δ Ori)	81°06′	−2°06′	81°03′	−2°09′	+3′	−3′
113	参宿四 (α Ori)	84°27′	+7°20′	84°22′	+7°18′	+5′	+2′
114	参宿五 (γ Ori)	76°57′	+6°05′	76°54′	+6°00′	+3′	+5′
115	参宿六 (κ Ori)	83°05′	−9°50′	83°04′	−9°50′	+1′	0′
116	参宿七 (β Ori)	74°50′	−8°33′	74°43′	−8°36′	+7′	−3′
117	伐一 (c Ori)	79°50′	−5°02′	79°49′	−5°06′	+1′	−4′
118	伐二 (θ Ori)	79°50′	−5°35′	79°50′	−5°40′	0′	−5′
119	伐三 (ι Ori)	79°53′	−6°08′	79°52′	−6°10′	+1′	−2′
120	井宿一 (μ Gem)	90°47′	+22°40′	90°48′	+22°36′	−1′	+4′
121	井宿二 (v Gem)	92°26′	+20°21′	92°23′	+20°22′	+3′	−1′
122	井宿三 (γ Gem)	94°43′	+16°39′	94°42′	+16°37′	+1′	+2′
123	井宿四 (ζ Gem)	96°40′	+13°14′	96°43′	+13°11′	−3′	+3′
124	井宿五 (ε Gem)	95°57′	+25°40′	95°57′	+25°24′	0′	+16′
125	井宿六 (d Gem)	98°02′	+22°07′	97°59′	+22°05′	+3′	+2′
126	井宿七 (ζ Gem)	101°14′	+21°01′	101°10′	+21°00′	+4′	+1′



续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
127	井宿八 (λ Gem)	105°00′	+17°10′	104°49′	+17°05′	+11′	+5′
128	钺 (η Gem)	88°50′	+22°38′	88°47′	+22°32′	+3′	+5′
129	鬼宿一 (θ Gnc)	123°15′	+19°15′	123°13′	+19°09′	+2′	+6′
130	鬼宿二 (η Cnc)	123°22′	+21°38′	123°26′	+21°30′	−4′	+8′
131	鬼宿三 (γ Cnc)	126°07′	+22°40′	126°04′	+22°36′	+3′	+4′
132	鬼宿四 (δ Cnc)	126°28′	+19°17′	126°30′	+19°18′	−2′	−1′
133	积尸 (Cnc)	225°24′	+20°50′				
134	柳宿一 (δ Hya)	125°10′	+6°54′	125°04′	+6°48′	+6′	+6′
135	柳宿二 (σ Hya)	125°30′	+4°36′	125°24′	+4°27′	+6′	+9′
136	柳宿三 (η Hya)	126°39′	+4°37′	126°31′	+4°32′	+8′	+5′
137 *	柳宿四 (ε Hya)	127°28′	+7°40′	127°20′	+7°35′	+8′	+5′
138 *	柳宿五 (ρ Hya)	127°53′	+7°02′	127°46′	+7°00′	+7′	+2′
139	柳宿六 (ζ Hya)	129°39′	+7°09′	129°31′	+7°09′	+8′	0′
140	柳宿七 (ω Hya)	132°21′	+6°20′	132°11′	+6°22′	+10′	−2′
141	柳宿八 (θ Hya)	134°23′	+3°40′	134°20′	+3°38′	+3′	+2′
142	星宿一 (α Hya)	137°58′	−7°06′	137°53′	−7°16′	+5′	−10′
143	星宿二 (τ Hya)	138°10′	−1°25′	138°09′	−1°22′	+1′	+3′

续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
144	星宿三 (τ Hya)	139°00′	+0°17′	138°49′	+0°14′	+11′	+3′
145	星宿四 (ι Hya)	139°54′	+0°22′	140°47′	+0°19′	−53′	+3′
146	星宿五 (P Hya)						
147	星宿六 (26 Hya)						
148	星宿七 (　Hya)						
149	张宿一 (υ Hya)	144°00′	−13°25′	143°56′	−13°20′	+4′	+5′
150	张宿二 (λ Hya)	149°02′	−10°08′	148°39′	−10°46′	+23′	−38′
151	张宿三 (μ Hya)	152°42′	−15°05′	152°17′	−15°11′	+25′	−6′
152 *	张宿四 (φ Hya)	155°55′	−15°10′	155°40′	−15°11′	+15′	−1′
153	张宿五 (κ Hya)	141°21′	−12°45′	141°09′	−12°52′	+12′	−7′
154	张宿六 (　Hya)						
155	翼宿一 (α Crt)	161°04′	−16°28′	160°56′	−16°34′	+8′	−6′
156 *	翼宿二 (v Crt)	158°30′	−14°25′	158°23′	14°29′	+7′	−4′
157 *	翼宿三 (γ Crt)	167°19′	−15°48′	167°08′	−15°54′	+11′	−6′
158 *	翼宿四 (δ Crt)	166°00′	−12°50°	165°45′	−13°00′	+15′	−10′
159 *	翼宿五 (ι Hya)	170°44′	−11°20′	170°32′	−11°24′	+12′	−4′
160 *	翼宿六 (ε Crt)	167°01′	−8°42′	167°01′	−9°04′	0′	−22′

续表

序号	星名	灵台仪象志所载(1673)		计算值		误差	
		赤经	赤纬	赤经	赤纬	赤经	赤纬
161 *	翼宿七 (θ Crt)	170°10′	−7°58′	170°02′	−8°00′	+8′	+2′
162 *	翼宿八 (ζ Crt)	172°11′	−16°29′	172°04′	−16°32′	+7′	−3′
163 *	翼宿九 (η Crt)	174°59′	−15°15′	174°51′	−15°20′	+8′	−5′
164	翼宿十 (β Crt)	164°05′	−20°57′	163°55′	−21°03′	+10′	−6′
165	翼宿十二 (Crt)						
166	翼宿十三 (λ Crt)						
167	翼宿十四 (Crt)						
168	翼宿十六 (κ Crt)						
169	翼宿二十 (χ Hya)						
170	轸宿一 (γ Cry)	179°55′	−15°37′	179°45′	−15°43′	+10′	−6′
171	轸宿二 (ε Crv)	178°32′	−20°46′	178°20′	−20°47′	+12′	−1′
172	轸宿三 (δ Cry)	183°23′	−14°36′	183°11′	−14°42′	+12′	−6′
173	轸宿四 (β Crv)	184°32′	−21°31′	184°20′	−21°35′	+12′	−4′
174	右辖 (α Crv)	178°01′	−22°53′	177°55′	−22°54′	+6′	−1′
175	左辖 (η Crv)	184°11′	−14°10′	183°43′	−14°23′	+28′	−13′
176	长沙 (ζ Crv)	181°08′	−20°18′	180°55′	−20°24′	+13′	−6′



第八章　西方天文学知识在民间的传播和研究

明末早期译著的出现和清初《西洋新法历书》的公开刊行，使普通民众接触较为系统的西方天文学成为可能。这促使中国民间出现了一大批兼通中西的天文学家。他们对西方历算的研究和介绍反映了中西文明冲突期中国知识分子复杂的心态及其接受西学的曲折过程。

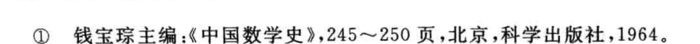
第一节　薛凤祚与《历学会通》

薛凤祚(1600—1680)，字仪甫，山东益都金岭镇(今属淄博市)人。其父薛近洙为明万历年间进士，因不满魏忠贤专断国政，辞官回乡，专事经学方面的著述。薛凤祚少承家学，曾投师孙奇逢、鹿善继门下，并著有《圣学心传》。后来因认为王阳明的学说只重修炼心性而不能致用，便转而学习各种实用科学。他起初向当时主持旧法的学者魏文魁学习中国传统的天文历算方法，1652—1653 年前后又至南京，向波兰传教士穆尼阁(Smogolenski，1609—1656)学习西方新法，并协助穆尼阁翻译了西方天文历算等方面的著作。其后，薛凤祚将当时各家历算方法，涉及各实用科学方面的知识以及他自己撰写的天文著作汇编成近六十卷的《历学会通》，该书于 1664 年刊行，薛凤祚即因此书而闻名于世。

《历学会通》共分《正集》、《致用》、《考验》三大部分。其中天文、数学主要包括在《正集》与《考验》部，《致用》十六卷则多为力学、水利、火器、兵法、乐律、占验等方面的内容。根据数学史家的研究[①]，《历学会通》中较重要的数学卷有《正集》中的《比例对数表》、《比例四线新表》和《致用》中的《三角算法》。《比例对数表》是 1—20 000的常用对数表；《比例四线新表》是正弦、余弦、正切、余切的对数表。这些对数表是英格兰数学家纳白尔(J. Napier，1550—1617)所发明，并经伦敦大学教授巴理知斯(H. Briggs，1556—1630)复加增修的。穆尼阁首次将其传入中国，应用于历法计算。《三角算法》为天文学所需，介绍了较《崇祯历书》更为完整的平面三角法和球面三角法。其中平面三角法包含了正弦定理、余弦定理、正切定理、半角定理等(除余弦定理，另外几个公式都是配合对数来计算)。球面三角法除正弦定理和







① 钱宝琮主编:《中国数学史》，245～250 页，北京，科学出版社，1964。

余弦定理之外，还介绍了半角公式、半弧公式、德氏比例式和纳氏比例式。

《历学会通・考验》二十八卷收有 17 世纪曾行用或编译的五种历法的选要。包括旧中法（元授时也即明大统历）、新中法（魏文魁的东局历法）、西域回回历、今西法（《崇祯历书》）和新西法（穆尼阁的《天步真原》）。上述著作中，《天步真原》所占篇幅最大，共十五卷，分为：《三角八线表》；《太阳太阴部》；《五星经纬部》；《经星性情》；《纬星性情》；《日月食原理》；《表》上、中、下（及蒙求）；历法部及与占验有关的选择、世界和人命部。对编辑《考验》这一部分的目的，薛凤祚在序中写到：传统方法“自冲之、一行诸名流后至元郭太史守敬而大备，三百年后渐不合天，崇祯初年魏山人文魁改立新法……此中历之源流始末也。西域回回历以刘宋己未为元，久在中国。明初立回回科，躔次凌犯立法井然，别作一家，当时称为精密，今上下千年，天象暗移，交食凌犯亦不能合。明末汤、罗二公以第谷法正之，为法其备。……然汤、罗之法又未尽善，癸巳予从穆先生著有《天步真原》，于其法多所更订，始称全璧，此西历之源流始末也。……欲言会通，必广罗博采，事事悉其原委，然后能折中众论，求归一是非，孰谙真理数……”为实现中西会通，薛凤祚又作《正集》十二卷。他在序中说：“中土文明礼乐之乡，何讵遂逊外洋，然非可强词饰说也，要必先自立于无过之地，而后吾道始尊，此会通之不可缓也。斯集殚精三十年始克成帙。旧说可因可革，原不泥一成之见，新说可因可革，亦不避蹈袭之嫌。其立义取于《授时》及《天步真原》十之八九，而西域西洋二者亦间有附焉，皆熔各方之材质，入吾学之型范。”《正集》的内容，除三卷数学外[①]，还有：《太阳太阴经纬法原》；《五星经纬法原》；《交食法原》；《太阳太阴并四余》；《五星立成》；《交食表》；《经星经纬性情》；《中历和辨日食诸法异同》。细观此集，不难看出，薛凤祚虽有会通之意，但书中主要方法均采自《天步真原》，只是凡涉及度数时，都改用中国古代的百进制，某些计算步骤也更为简略。

在《历学会通》各卷中，比较引人注目的是体现在《正集》和《天步真原》行星计算图中的宇宙模式。以土星图形为例（见图 8－1）。图中 S 代表太阳，E 代表地球，P 为土星，F 为土星远地点。按书中的说明，太阳应绕地球转动，行星绕 O 点、O 点又以大小相同、方向相反的角速度绕偏离地球的 G 点转动。

这一图形有一个不同于《崇祯历书》所介绍的各地心体系的特点：它的日地圆是独立的。换句话说，它的行星运动与日地圆无涉。[②] 这与哥白尼的“日心说”十分相像，因此我们有必要对其做一些具体分析。

在图 8－1 中，原书给出的已知条件有：EH 边及各圆半径的长度；行星平位置

---

① 除了《比例四线表》、《比例四线新表》，另有《正弦》也即《三角八线》一卷。

② 胡铁珠：《〈历学会通〉中的宇宙模式》，载《自然科学史研究》，1992(3)。



到行星远地点的角度$\angle FOP$；行星到春分点的平均运行角度（平行度）$\angle AGO$和太阳运行角度$\angle AEP$（或$\angle SED$）。

归纳起来，计算可分为如下步骤：

1. 求初均数$\angle OPE$

在$\triangle AEP$中，以EH、HG、GQ、OI四量相加得出AE边，以IP减去OQ得出AP边（其中各量或为已知，或可利用已知条件求出）。则：

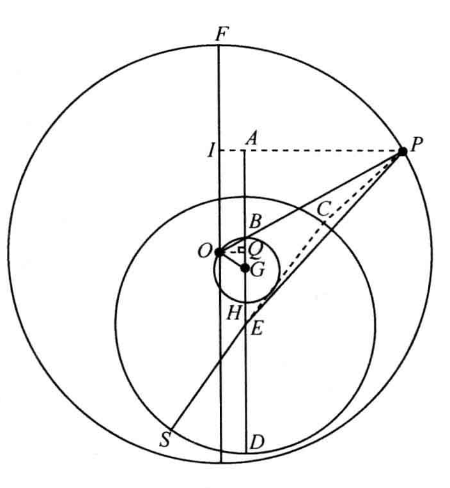


图 8－1 土星计算实例图

$$\angle AEP=\arctan\frac{AP}{AE}$$

然后有：

$\angle OPE=\angle ABP-\angle AEP=\angle FOP-\angle AEP$

2. 求次均数

根据计算过程和数值结果来看，《历学会通》所用公式为：

$$次均数=\frac{\angle SEP}{2}-\arctan\left(\frac{EP-R}{EP+R}\tan\frac{\angle SEP}{2}\right)(1)$$

式中：

$$\begin{aligned}\angle SEP&=180^\circ-\angle CEP\\&=180^\circ-(\angle AEP-\angle AEC)\\&=180^\circ-(\angle AEP-\angle SED)\end{aligned}$$

R代表日地圆半径，EP可以从$\triangle AEP$中求出。



为找出公式(1)的来历，我们先对$\triangle ECP$运用正切公式，得到：

$$\tan\angle\frac{ECP-\angle EPC}{2}=\frac{EP-R}{EP+R}\cot\frac{\angle CEP}{2}$$

将$\angle ECP=180^\circ-\angle EPC-\angle CEP$和$\angle CEP=180^\circ-\angle SEP$代入上式，则有：

$$\tan\left(\frac{\angle SEP}{2}-\angle EPC\right)=\frac{EP-R}{EP+R}\tan\frac{\angle SEP}{2}$$

$$\angle EPC=\frac{\angle SEP}{2}-\arctan\frac{EP-R}{EP+R}\tan\frac{\angle SEP}{2}(2)$$

比较公式(1)与(2)，可知次均数即为$\angle EPC$。

3. 求行星位置

首先，以行星到春分点的平均运行角度即平行度与初均数$\angle OPE$相加减，由于平行度是相对O点的，按照视差改正原理，所得结果便为相对E点的行星角度，

这个角度被称为“实经度”。

其次，以实经度与次均数$\angle EPC$相加减，得出从C点观测到的行星距春分点的角度。称为“视经度”。视经度是前面全部计算的最后结果。① 不过这个结果很奇特。因为按照惯例，视经度专指目视所见的角度，而依文中对图形的说明，C点却既不是地球，甚至也不是太阳，只是日地圆上与太阳相对的一点。这显然很难自圆其说。考虑到计算所用公式无误，那么问题只能出在对图形的说明上。

我们试着重新解释一下图8－1。既然相对C点的经度被称为视经度，这里不妨设C点为地球，E点为太阳。于是按照上述计算步骤，行星位置首先被归算到太阳，然后被归算到地球上。可以看出，这样的假设能够使计算结果与图形的讨论符合得很好。由此我们可以推论：图8－1原本是“日心说”的图形，因为引用它的人既想使用日心体系的图形和计算方法，又想将图形按地心体系表述，所以变动了其中的日地位置，将地球从C移到了E，太阳从E移到了S。虽然这一变动可以保证太阳与地球的相对角度不变，因而不影响实际应用时的计算值，但却使对该图形计算意义的讨论出现了与常理相悖的结果。

上面假设图8－1是与日心体系有关的图形，这一假设可能遇到的一个问题是，同哥白尼的图形相比，它与行星运动有关的大、小圆的摆放次序是相反的。不过在16世纪末，欧洲已有人认识到这两种图形是等价的，并表述在公开的出版物中②，而且这一图形的基本思想可以一直溯源到《天体运行论》对内行星的讨论③，所以后人重新构思一套属于“日心说”的行星位置计算法不是不可能的，另外这种方法确有其优点：它不但使内、外行星在图形上的表述相一致，计算也更为简便。

在得出上述结论后，我们不能不提一下向薛凤祚传授西方天文学的穆尼阁。实际上，在近年的天文学史研究中，穆尼阁已因向他的另一个中国学生方中通讲述过地动说而引起注意。④ 薛凤祚在《新西法选要》序中则有：“故西儒（指穆尼阁）言：‘今西法传自第谷，本庸师，且入中土未有全本’……”显然，穆尼阁是将《天步真原》作为一种更好的方法传授给中国学者的，他在理论上的倾向性由此可见一斑。不过，很可能由于教会明令禁止“日心说”的传播，《崇祯历书》又已获得钦定的地位，使得穆尼阁有所顾虑，他才在介绍该学说的计算方法时选择了一种变通的方式。这或许也是当时欧洲一些将“日心说”解释成纯数学假设的人所采纳的方式，



① 原文还有对“春分差”的讨论，此处略去。

② Anthony Grafton: Michael Maestlin's Account of Copernical Planetary Theory, *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 117, No. 6. 及胡铁珠：《〈历学会通〉中的宇宙模式》。

③ 尼古拉·哥白尼著，叶式焊译：《天体运行论》，第5卷，武汉，武汉出版社，1992。

④ 参见本章第四节。



《天步真原》采自他们的著作亦不无可能。

根据现存《历学会通》的版本情况来看，这本书在清代的流传应该是比较广泛的。著名学者梅文鼎、黄宗羲等人都曾研读过这部著作。梅文鼎在《勿庵历算书目》"《天步真原》订注"条中写到："西士穆尼阁作《天步真原》，与历书有同有异，其似异而实同者，布算之图、对数之表与历书迥别，然得数无二，则虽异而实同也……"梅文鼎敏锐地注意到了《天步真原》中布算图和对数表与此前历法的区别。然而即便是如此高水平的学者，也只是将《天步真原》与《崇祯历书》看做表面相异而实质相同的两种体系，对其之所以不同的原因不甚了了。作为它的编译者及方中通的同学，薛凤祚对地动说应有所耳闻，他对上述问题有何认识，现在已经无从得之。不过，作为对于一种计算方法的介绍，《历学会通》的主要天文学部分存在着作图不准确、公式无推导、计算结果无说明等不足。特别是"日心说"的图形经日地位置变动后，外表看去仍是一种地心体系，因此只能被不知内中详情的读者当做与第谷及托勒密两种体系有区别的另一种"地心说"的计算方法。既然都是"地心说"的计算方法，那么与地位已是"钦定"又详尽清楚的《崇祯历书》相比，人们自然会更多地接受和研究后者，这就降低了《历学会通》可能产生的影响。

第二节　王锡阐的研究

王锡阐，字寅旭，号晓庵。苏州府吴江（今属江苏）人。生于明崇祯元年六月二十三日（1628 年 7 月 23 日），清康熙二十一年九月十八日（1682 年 10 月 18 日）卒。

1644 年，清军攻占北京，王锡阐时年 17 岁。为表示尽忠明朝，他先是投河殉明，遇救后又绝食七日，后来虽在父母强迫下不得已而复食，但从此放弃科举，隐居乡间以教书为业。清顺治七年（1650），吴江一带文人成立"惊隐诗社"，"以故国遗民，绝意仕进，相与遁迹林泉，优游文酒，芒鞋箬笠，时往来于五湖三泖之间"。① 当时入社的有顾炎武、潘柽章、吴炎等诸多名流。王锡阐也为其中重要成员之一，并与上述几人结为挚友。潘柽章、吴炎二人精通史事，因念明代没有成史，他们仿《史记》体例合著了一部《明史记》，由王锡阐负责撰写其中"表历诸志"。康熙二年（1663），清朝廷兴文字狱，潘、吴因列名庄廷鑨明史校阅被处死，惊隐诗社遭此变故，亦于无形中解散。这件事对王锡阐影响至深，他曾为此作《挽潘、吴二节士》等诗篇。而明亡以后的种种经历，也对王锡阐的天文学研究产生了一定的影响。

王锡阐对天文历算的嗜好始自青年时代。他主要是通过自学掌握了大量中、

① 沈彤等：乾隆《震泽县志·旧事》。

西历算知识。王锡阐曾说自己："与人相见，终日缄默，然与论古今，则纵横不穷。家贫不能多得书，得亦不尽读，读亦不尽忆，闲有会意，即大喜雀跃。"[①]朋友则说他："诸割圆勾股测量之法，他人所目眩心迷者，锡阐手画口谈，如指黑白，每言坐卧尝若有一浑天在前，日、月、五星横行其上，其精专如是。"又说他："为人孤介寡合，古衣冠，独行踽踽，不用时事一钱。"[②]也因为此，王锡阐一生穷困，尤其晚年贫病交加。他去世后，由于无子，学无传人，加之著作都用篆字，人多不能识，所以手稿颇多散失。直至潘柽章之弟潘来返回故里，其幸存的遗稿才得以陆续搜集刊行。在目前可以见到的50余种遗作中，与天文历法相关的有：《大统历法启蒙》、《历表》、《晓庵新法》(1663)、《历策》(1668)、《五星行度解》(1673)、《日月左右旋问答》(1673)、《〈推步交朔〉序》(1681)、《〈测日小记〉序》(1681)、《贻青州薛贻甫书》(1668年)、《答四明万充宗》(1672年10月5日)、《答朱长孺书》(1673年9月11日)、《答嘉兴徐圃臣书》(1681)。[③] 近年，又有研究者在数学史家李俨先生的藏书中发现了已佚失多年的《圆解》抄本一册。此外，王锡阐的著作仅存篇名的还有《西历启蒙》、《三辰晷志》、《丁未历稿》等。[④]

在同时代的天文学家中，王锡阐一个引人注目之处是对西法提出了很多批评，这与他对清人入主华夏后，在历法颁行上实行"以夷变夏"政策的不满不无关系[⑤]，同时也是他具有严谨的探求数理之本的科学家素质的一种反映。王锡阐认为：历有法有数，法为节气、日时、置闰、分宫之类，也即历的制度。数为周应损益、赢缩多寡，也即历的计算。法中之理，大统所失甚微，数中之理，西人所得优于大统。但西历并非尽善尽美。[⑥] 在《晓庵新法》序中，王锡阐集中概括了后者不知法意者五条，当辨者十项。分别从平气注历、时间制度、周天度划分、置闰、冬至太阳位置、岁实消长、岁差、日月五星远地点移动、日月视径、日食与白道之关系、日月视差、太阳光径与实径、交食时刻、五星小轮模型、水星和金星公转周期等方面指出了西历的不足。在其后的《五星行度解》中，他又提出了西法六误。上述这些批评虽然不尽正确，但相当一部分还是言之有据[⑦]，显示了作者的研究水平。比如在第谷体系中，行星绕转以太阳为中心，太阳绕转又以地球为中心。由于第谷生前未能按其宇宙



① 王锡阐：《晓庵先生文集·天同一生传》。

② 潘柽章：《松陵文献》。

③ 以上著作均可见于《晓庵遗书》和《晓庵先生文集》。

④ 上海图书馆保存有题为"晓庵氏"著的《西洋新法历表》十六册，薄树人认为该表系王锡阐亲笔所抄，在抄写过程中，王锡阐对原表的全部数据进行过验算和校订。

⑤ 参见江晓原：《王锡阐》，见《中国古代科学家》，下集，北京，科学出版社，1993。

⑥ 王锡阐：《答四明万充宗》。

⑦ 席泽宗：《试论王锡阐的天文工作》，见《科学史集刊》，北京，科学出版社，1963(6)。



模式完成系统的行星运动理论，因此《崇祯历书》中除火星计算图形体现了以日为心外，其余行星仍采用的是不相统一的、围地绕转的模型。“及推岁轮、均轮诸术，似五星天仍以地心为心，岂非自畔其说?”[①]王锡阐的批评可谓一语中的。[②]

康熙三年(1664)，因受主张“宁可使中夏无好历法，不可使中夏有西洋人”的杨光先的指控，传教士汤若望钦天监官职被罢黜。康熙四年，杨光先上任钦天监监正。此后他曾“以新法既非，旧法未必无误而博访于草泽”。王锡阐为此作《历策》一篇，该文的内容之一是对“西学中源说”的阐述。实际上，早在《历说》一文中，王锡阐就曾提到：“天问曰：‘圆则九重，孰营度之。’则七政异天之说古必有之。近代既亡其书，西说遂为创论。余审日月之视差，密五星之顺逆，见其实，然益知西说原本中学，非臆撰也。”在《历策》中，他又对此做了进一步的发挥：“今考西历所争胜者不过数端，畴人子弟骇于剏闻，学士大夫喜其瑰异，互相夸耀，以为古所未有。孰知此数端者悉具旧法之中，而非彼所独得乎！一曰平气定气以步中节也，旧法不有分至以授人时，四正以定日躔乎？一曰最高最卑以步朓朒也，旧法不有盈缩迟疾乎？一曰真会视会以步交食也，旧法不有朔望加减食甚定时乎？一曰小轮岁轮以步五星也，旧法不有平合定合晨夕伏见疾迟留退乎？一曰南北地度以步北极之高下，东西地度以步加时之先后也，旧法不有里差之术乎？大约古人立一法必有一理，详于法而不著其理，理具法中，好学深思者自能力索而得之也。西人窃取其意，岂能越其范围?”显然，王锡阐在此给出的五个例证只说明了中历能够以代数方法描述西历以几何方法描述的天文现象，并不能证明西学源于中法，但在主张西学中源说的明遗民中，王锡阐是公认的具有较深造诣的天文学家，因此他的论述对这一错误学说的传播起了很大作用。[③]





由于认为西历有许多不足，中历又年久失修，违天渐远，1663 年，王锡阐完成了自己的历法著作——《晓庵新法》。他在自序中说：“……且译书(指《崇祯历书》)之初，本言取西历之材质，归大统之型范，不谓尽堕成宪而专用西法如今日者也。余故兼采中西，去其疵颣，参以己意，著历法六篇……”这六卷中，第一卷和第二卷介绍了作为天文学计算基础的三角函数知识和天文数据；第三卷讲述朔、望、节气时刻的求法和日、月、五星位置的计算；第四卷讨论昼夜长短、晨昏蒙影、月亮及行星的盈亏现象以及日、月、五大行星的视直径、月星伏见等；第五卷求日食计算所需之视差和日心与月心连线的方向，后者称为“月体光魄定向”，可以用于预测日、月

---

① 王锡阐:《五星行度解》。

② 江晓原:《第谷天文工作在中国的传播及影响》，见《科技史文集》，第 16 辑，上海，上海科学出版社，1992。

③ 江晓原:《试论清代西学中源说》，载《自然科学史研究》，1988(2)。

食方位；第六卷是日、月食预报及金星凌日、五星凌犯的推算。上述内容中，“月体光魄定向”为王氏首创，后被清朝廷编于1722年的《历象考成》所采用。金星凌日和五星凌犯的引入在中国历法著作也是首次。[①]

《晓庵新法》是一部集中体现了王锡阐会通中西制历主张的著作。书中所用方法大致可以说是在传统的框架下表述西历之计算。这表现在一方面《晓庵新法》的主要计算依据是西方三角学和小轮体系，另一方面，该书在数据的表达、时间、度数的划分上又因循古历的方式方法，特别是沿袭中国历法不做图示的传统，全书不见一张图形，如此等等，均可视为王锡阐为“归大统之型范”所做的努力。不过这一特点致使他的著作难以卒读，能解之者寥寥。

与《晓庵新法》一样反映出王锡阐接受西法之方式的，还有他的另一部著作——《圆解》。此书给出了平面三角中两角和、差的正弦及余弦公式的完整几何证明。证明过程中，王锡阐一方面受《几何原本》的影响，对所用到的数学名词和概念首先加以定义，另一方面又拒绝接受《几何原本》中一系列关于“角”的名词，代之从《周髀算经》发展而来的“折”的概念，以坚持传统数学和天文学不用“角”的观念的一贯做法。这表明了王锡阐在运用西法的同时，又有固守传统的一面。[②]

《五星行度解》是一部讨论行星运动理论的著作。王锡阐在书中采用了第谷五星以日为心的宇宙模式，但又稍加变化。首先，他不赞成第谷体系中五星本天（即其绕日轨道）和日天（日绕地轨道）均不为实体，可以相隔相入的说法，提出：“五星本天皆在日天之内，但五星皆居本天之周，太阳独居本天之心，少偏其上，随本天运旋成日行规。此规本无实体，故三星出入无碍。若五星本天则各自为实体。”其次，他不认为五星绕日如第谷所言皆自西向东（右旋），而是金、水右旋，木、火、土左旋。并以此为基础导出了一组统一计算五星视行度的公式。[③]

受到《崇祯历书》中“太阳于诸星如磁石于铁，不得不顺其行”思想的启发，在《五星行度解》中王锡阐还解释了行星运动的原因：“历周最高、卑之原，盖因宗动天总挈诸曜，为斡旋之主。其气与七政相摄，如磁之于针，某星至某处，则向之而升，离某处，则违之而降。升降之法，不为直动，而为环动。”尽管错误地把引力源归于最外层没有任何天体的“宗动天”，王锡阐此说却是西法传入后中国学者以引力解释行星运动物理机制的第一次尝试。[④]

王锡阐一向重视以天文观测验证步历理论。后人记他：“每遇天晴霁，辄登屋

---

① 席泽宗：《试论王锡阐的天文工作》。

② 梅荣照：《王锡阐的数学著作——〈圆解〉》，见《明清数学史论文集》，江苏教育出版社，1990。

③ 席泽宗：《试论王锡阐的天文工作》。王锡阐关于此左旋右旋的理论是错误的。

④ 薄树人：《中国古代关于控制行星运动的力的思想》，载《中国历史博物馆馆刊》，1989。



卧鸥吻间仰察星象，竟夕不寐。”在去世前一年所作的《〈测日小记〉序》中，他也说自己：“每遇交会，必以新步所测，课较疏密，疾病寒暑无间。年齿渐迈，血气早衰，聪明不及于前时，而黾黾孳孳，几有一得，不自知其智力之不逮也。”在王锡阐所做的多次观测中，唯康熙二十年(1681)日食留下了较详细的记载。这次日食前，他作有《〈推步交朔〉序》，将自己及中、西历的测算备陈于后。交食发生时，他与徐发等以五家法同测，而己法最密。《〈测日小记〉序》即作于这次观测之后。在文中，他述说了毕生的观测心得，其中有不少很有价值的、与现代观测理论一致的经验之谈。

对于王锡阐的天文学造诣，同时代人评价甚高。他与薛凤祚被并称为“南王北薛”。同王锡阐交谊甚笃的顾炎武曾在《广师》一文中写有“学究天人，确乎不拔，吾不如王寅旭”之句。历算大家梅文鼎亦说：“历学至今日大著，而能知西法复自成家者，独青州薛仪甫，吴江王寅旭两家为盛。薛书授于西师穆尼阁，王书则于《历书》悟入，得于精思，似为胜之。”对于未能早知其人，与之极论此事，梅文鼎深感遗憾。

第三节　梅文鼎及其工作

梅文鼎，字定九，号勿庵，崇祯六年二月七日(1633 年 3 月 16 日)生于安徽宣城一名门望族之家。其曾祖和祖父均为明代地方官吏，父亲梅士昌明亡后隐居，除治经史外，亦对阴阳、律历等广为涉猎。梅文鼎“儿时侍父及塾师罗王宾仰观星气，辄了然于次舍运旋大意”。1661—1662 年间，他又师从宣城籍逸民倪正学习大统历，并为其订补注释，撰成《历学骈枝》一书，以质倪师，颇为之首肯，自此益有学历之志，并从“二十一史”历志入手研读古代历法。1675 年，梅文鼎在赴南京应乡试期间购得部分《崇祯历书》，又在友人顾昭处抄得穆尼阁《天步真原》及薛凤祚《天学会通》二书，这是他系统研究西方天算知识的开端。数年之后，梅文鼎有感于马端临《文献通考》独缺历法，邢云路《古今律历考》又“于古法殊略新疏，授时法意亦多未得其旨”，而作《古今历法通考》，对太初以来古历七十余家及西学诸书“参订考究，各求其立法根本与改宪源流”。[①] 该书原有五十八卷，后又屡增屡改，可惜最终未能刊刻出版。

1679 年，奉命参与纂修《明史》的宣城施闰章邀请梅文鼎为“历志”撰稿，梅文鼎因正授经官署不能成行，遂撰寄《历志赘言》一篇，略论修志大纲。1689 年，应明史馆汤斌等人一再相召，梅文鼎赴京正式参与《明史・历志》的纂修，并欲借此行结识比利时传教士南怀仁，不料抵京时南已去世。大学士李光地(1642—1718)获悉

① 梅文鼎：《勿庵历算书目》。《古今历法通考》“提要”。



梅文鼎至京，因设家馆，其弟鼎征、子钟伦及李本人皆从梅文鼎学习历算。1691年，梅文鼎接受李光地“略仿赵友钦革象新书体例，作为简要之书，俾人人得其门户”[①]的建议，写成《历学疑问》三卷。其内容均为梅文鼎研究古今历法，特别是西学的心得。1693年，梅文鼎南归。同年，李光地为《历学疑问》作序。1699年，又出资刻该书于河北大名。1702年，梅文鼎完成《勿庵历算书目》，此时他编撰的历学书共计62种，已刻17种，算学书26种，已刻16种。也就是在这一年，康熙南巡途经德州，直隶巡抚李光地将《历学疑问》进呈康熙，甚得康熙好评。1705年，康熙再度南巡，归途路过德州，于御舟中召见当时正在李光地署中的梅文鼎，连续三日与其谈论天文、数学。又赐予“绩学参微”四字，表彰梅文鼎的工作。后来康熙诏开蒙养斋，编《律历渊源》，曾召梅文鼎之孙梅瑴成任汇编官。1714年，《律吕正义》修成，康熙又特地让梅瑴成寄一部给梅文鼎指正。

梅文鼎的晚年，除继续著书立说，还数度前往福建、苏州、南京等地访书会友，研讨学问。康熙六十年(1721)梅文鼎以89岁高龄辞世于宣城家中。康熙特命江宁织造曹頫营地监葬。

梅氏家族是清初著名的天算世家，鼎弟文鼐、文鼏、子以燕、孙瑴成、玕成及曾孙多人均习天文历算，其中尤以梅瑴成最为出名。1723年，魏荔彤出资的兼济堂本《梅氏历算全书》刊刻问世，书中共收天文、数学著作29种74卷。1739年，梅瑴成撰写了“兼济堂历算书刊谬”，历数《梅氏历算全书》编排之谬误。并重新组织刊刻了《梅氏丛书辑要》一书，将卷次作了更为合理的安排。该书子目为:《笔算》五卷、《筹算》二卷、《度算释例》二卷、《少广拾遗》一卷、《方程论》六卷、《勾股举隅》一卷、《几何通解》一卷、《平三角举要》五卷、《方圆幂积》一卷、《几何补编》四卷、《弧三角举要》五卷、《环中黍尺》五卷、《堑堵测量》二卷，以上为数学部分；此外天文部分有:《历学骈枝》五卷(包括《平立定三差详说》、《历学疑问》三卷、《历学疑问补》二卷、《交食》四卷、《七政》二卷、《五星管见》一卷、《撰日纪要》一卷、《恒星纪要》一卷、《历学答问》一卷、杂著一卷(包括《二仪铭补注》和《西国三十杂星考》等)，另附有二卷梅瑴成的著作。上述两种丛书曾多次重刻，还被分别选入《四库全书》和《四库存目》，在清代具有很大的影响。

梅氏一生，交游极广。除北上京都，结识了朱彝尊、徐善、阎若璩、万斯同、刘献廷、陆陇其、黄百家等人外，他还多次往来于南京、福建、苏杭等地，结交了施闰章、方中通、方中履、蔡璿、黄虞稷、马德称、潘耒、杜知耕、孔兴泰、袁士龙、揭暄、游艺、杨作枚等学人，并曾与方以智、薛凤祚通信。在历算学界，梅文鼎的造诣深得同道

① 梅文鼎:《〈历学疑问〉序》。



的推崇。

梅文鼎的学术研究可以分为天文学和数学两大门类。其中数学涉及笔算、筹算、度算、方程论、平面几何、立体几何、平面三角和球面三角，这些工作或阐发古义，或会通中西，或与天文学密切结合，多有创意。他的天文学研究则可大体概括为两个方面，即传统天文学和西方天文学。梅文鼎在传统天文学方面的主要贡献是对授时历和大统历的探讨。其代表作有：《历学骈枝》、《〈明史·历志〉拟稿》、《堑堵测量》、《平立定三差详说》等。

《历学骈枝》是一部专为解读大统历步交食法而作的著作。全书以按语形式对元《大统历通轨》中所有有关数据及计算步骤给出了通俗详尽的解释，同时辨证授时、大统之同异，阐发历法原理，并做刊误补遗。时至今日，这部著作仍是研究授时、大统历交食法的重要参考书。

参加《明史·历志》的编纂是梅文鼎研究生涯中的一次重要经历。[①] 今本《明史·历志》共分为三个部分：①历法沿革（一卷）。②大统历法（五卷，其中法原二卷，立成一卷，推步二卷）。③回回历法（三卷）。梅文鼎的工作主要集中在第二部分。根据《〈明史·历志〉拟稿》提要[②]，《历志》稿在梅文鼎之前已经吴任臣、汤斌、徐善、刘献廷、杨文言、黄宗羲等人撰写增订，梅文鼎加以改编后，该稿之总目和分目除少了“步四余”，其余均与定本《明史·历志》的第二部分相同。梅文鼎在记其改编过程时说：“岁己巳（1689）（鼎）在都门，昆山以志稿见属。谨摘讹舛五十余处，粘签俟酌，欲候黄处稿本到齐属笔，而昆山谢世矣，无何。梨洲季子主一（百家）从余问历法，乃知（鼎）前所摘者即黄稿也。于是主一受局中诸位之请，而以授时表缺相商之于余。余出所携历草、通轨补之。然写本多误，皆手自步算，凡篝灯不寝者两月，始知此事之不易也。”[③]1699 年，毛际可应梅文鼎之请为其作传，传中又有：“至京师日，纂修《明史》诸公以《历志》属详定，盖谓《晋》《隋》两《天文志》实出淳风，《唐书·历志》、《五代·司天考》皆出刘义叟，从来此事必属专家也。先生曰：‘说者知尊郭太史授时而随声诋大统，不知大统即授时也。但历经既成之后，闰应、转应、交应三数俱有改定，又太阳盈缩、太阴迟疾及昼夜永短皆有立成之表，而黄、赤二道相求，弧矢割圆诸法及平差立差定差立法之源《元史》并皆缺载，不可不补，补之则



① 梅文鼎是《明史·历志》的主要编纂者之一。同时代学者陆陇其（1630—1692）曾记道：“辛未（1691）三月十三日会万季野（斯同）言《明史·历志》，吴志伊纂修者，今付梅定九重修。”（见陆陇其：《三鱼堂日记》）梅瑴成亦曾说：“历志半系先祖之稿。”（见梅瑴成：《操缦卮言》“明史馆呈总裁”，该书为《梅氏丛书辑要》之附录）此外，《四库全书》收有梅文鼎《大统历志》八卷。内容相当于《明史·历志·大统历法》的法原和立成部，还包括《历学骈枝》中的日、月食计算。

② 梅文鼎：《勿庵历算书目》“明史历志拟稿”条。

③ 梅文鼎：《勿庵历算书目》“明史历志拟稿”条。

今其时矣。'乃出《历草》及日、月、五星通轨详为诠次，以发明王恂、郭守敬不传之秘，授时、大统始为完书……"①考虑到梅文鼎在《历志赘言》中即已提议："明用大统，实即授时，宜于《元史》缺载之事详之，以补其未备。"②那么大统历法与梅文鼎工作有关的内容应主要包括在据《授时历草》③对"弧矢割圆"诸术和"平立定三差法"的补充说明，及其依这两种方法对立成表的计算中。④

弧矢割圆术是在宋代沈括"会圆术"的基础上求解球面问题的一种方法。会圆术包括两个公式。在图8—2中，如设圆直径为d，半径为r，BE(弦)$=c$，DK(矢)$=v$，$\widehat{BDE}$(弧)$=S$，则第一个公式为$c=2\sqrt{r^2-(r-v)^2}$，可由勾股定理推出。第二个公式为：$S=c+\frac{2v^2}{d}$，是一近似公式。当r(或者d)及弧、矢、弦三者中任一量已知时，另两个量即可求出。以会圆术解球面问题，其步骤是先将球面坐标向平面(包括已知弧、未知弧所在平面和相关平面)投影，把球面问题转化为平面问题。再利用相似三角形、勾股定理、会圆术公式求出未知弧的弧长。⑤ 授时历以此解决了已知黄经求赤经(黄赤道差)、已知黄经求赤纬(黄赤道内外度)、已知太阳黄经求昼夜刻(里差刻漏)、黄赤交点和白赤交点的最大距离(白道交周)等问题。这些《元史·历志》缺而不载的内容主要经由梅文鼎等人之手补入了大统历的"历原"部分。1700年前后，梅文鼎又在《堑堵测量·郭太史本法》一节中再次摹绘了《历草》中的"弧矢割圆图"、"侧视之图"和"平视之图"，并借助后两图论述了郭守敬的方法与球面三角解法是一致的。⑥

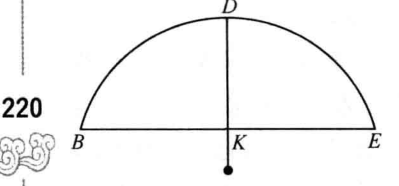


图8—2　会圆术示意图

平立定三差法是由差分表和刘焯的二次差内插公式推导而来。⑦ 授时历首次将其用于日、月、五星不均匀运动的计算。该方法的表达式为：

$$F(x)=ax+bx^2+cx^3$$

这是时间的三次函数式，其中$F(x)$为不均匀运动值，自变量的系数a、b、c分别被称为定差、平差和立差。

---

① 梅文鼎：《勿庵历算书目》。

② 梅文鼎：《历志赘言》"提要"，同上书。

③ 梅文鼎《勿庵历算书目》"郭太史历草补注"条中有："据《元史》本传，郭太史守敬著撰极富，并藏于宫。厥后畴人子弟皆以元统之《通轨》入算，还未忘源，郭书存亡不可得而问。所仅存者《历草》一书而已。其书有算例、有图、有立成，历经立法之根多在其中，而深谙者稀……"该书现已失传。

④ 据前引"《〈明史·历志〉拟稿》提要"，梅文鼎见到《历志》时，"大统历"部分正在酝酿起草，黄宗羲、黄百家在这方面可能已经做了一些工作。参见本章第四节。

⑤ 钱宝琮主编：《中国数学史》，"《授时历》弧矢割圆术"，北京，科学出版社，1964。

⑥ 刘钝：《郭守敬的〈授时历草〉和天球投影二视图》，载《自然科学史研究》，1982(4)。

⑦ 刘钝：《大哉言数》，"内插法"，沈阳，辽宁教育出版社，1993。



对这些公式，《元史·历志》"授时历经"中只给出了系数和用法，大统历法的历原部分则据《历草》补充了诸公式的推导过程。在1704年完成的《平立定三差详说》中，梅文鼎还进一步阐述了它的原理。该书后来有部分内容被录入《明史·历志》。

以弧矢割圆术解球面问题和平立定三差公式的应用标志着中国古代历法计算的重大进步。上述进步正是因为梅文鼎等人的工作而得以完整地载入正史，并成为今人系统研究这两项具有世界意义的科学成果的基础。

对于西方历算，梅文鼎的介绍从内容上说是相当广泛的。他的著作中，《七政》一介绍的是查表计算日、月、五星等天体位置的方法。这种方法可以不直接涉及历法原理，入算便捷，所以有"算者贪其简便，而全部历书或庋高阁矣"。梅文鼎因此"以历指大意隐括而注之，使用法之意了然，亦使学者知其所以然，益有所据"。①《七政》二包括"火星本法图说"、"七政前均简法"和"上三星轨迹成绕日圆象"。这一部分和梅文鼎的另一著作《五星管见》均论及《崇祯历书》中的宇宙模式。在讨论中梅文鼎试图调和九重天说与第谷体系。他提出，九重天说中五星各一重天，皆以地为心，应为实指之图。而第谷五星皆以日为心的图形为"借象之图"，两者并不矛盾。因为以九重天说中行于岁轮上的行星轨迹连缀起来，可以得到一个虚幻的绕日图像（见图8—3），二者所得计算结果一致。"或者不察，遂谓五星之天真以日为心，失其指也。"②

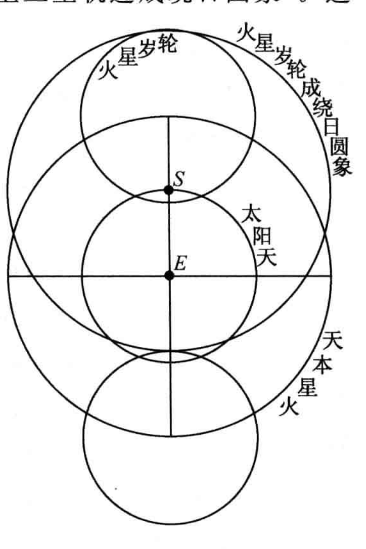


图8—3　火星绕日圆象图

梅文鼎的绕日圆象说最初只限于土、木、火三星，后其门人刘允恭悟得只要岁轮大于本天，这一理论也可以推广至金、水二星，使五星运动统一于同一体系之下。而且，同王锡阐的行星模式一样，该体系的外三星绕日左旋，内二星绕日右旋。显然，梅文鼎的理论距客观真实较第谷更远。③

类似于《七政》，《交食》一书分为《蒙求》与《蒙求附说》，介绍了查表计算日、月食的方法，并对各项计算的意义加以浅显的说明。在其中《交食管见》一节中，梅文鼎因感原中、西之术涉及交食起复方位时皆以北极、南极、东升、西落为东西南北

① 梅文鼎：《七政·七政细草补注》。

② 梅文鼎：《五星管见·论五星本天以地为心》。

③ 关于这一问题的研究，参见江晓原：《第谷天文工作在中国的传播及影响》，见《科技史文集》，第16辑，上海，上海科学教育出版社，1992。

向，不易实测，故而自创新术，以过日心和天顶的地平经线及其垂线分交食方向为上下左右，该法："直指其损蚀所在……欲令测候之时，举目共见，即步算之疏密纤毫莫遁。"[①]以希测算之学有所改进。

在梅文鼎的另外两部著作中，《揆日纪要》主要与测日有关，书中包括以太阳赤纬、各地纬度、切线表求每日午正日影长度；以太阳赤纬、各地纬度求每日太阳出入地平之广度和日出入时刻等方法，并附有梅瑴成所算北纬20°—42°各节气每时太阳地平高度表。《恒星纪要》则可分为两个部分：中星定时和对中、西各星表星数之考证。中星定时有两法，一是给定时刻，算出此时应为哪一恒星过中天。二是给定一恒星，算出其过中天之时刻。两种方法均需借助《灵台仪象志》[②]中的表格。《恒星纪要》为此收入了前者的"诸名星赤道经纬度加减表"、"二十八宿距星黄、赤二道经纬度表"、"二十八宿黄、赤道积度表"及加入了岁差改正的"康熙戊辰年(1688)各宿距星所入各宫度分"等。此外《诸家星数》一节将当时已传入的西方星表星数及中国古代天文志所载星数做了系统的整理。其涉及的文献有：托勒密星表[③]；《历法西传》；《新法历书》中的《历引》、《恒星历指》、《赤道南北两总星图》和《恒星经纬表》；《天学会通》；《天文实用》及《汉书》、《晋书》、《隋书》中的"天文志"。对这些著作中的恒星总数，梅文鼎一一做了研究比较。

梅文鼎对西方天文仪器的制造原理也有较深的领悟，毛际可记他："凡测算之图与器一见即得要领……西洋简平、浑盖、比例规尺诸仪器书不尽言，以意推广为之，皆中规矩。又自制月道仪、揆日测高诸器，皆自出新意。尝登观象台浏览新制六仪及郭守敬简仪、明初浑球，指数其中利病，皆如素习。"[④]梅文鼎与西洋仪器相关的著作有：《星晷真度》、《测器考》、《自鸣钟说》、《日晷备考》、《赤道提晷说》、《勿庵揆日器》、《璇玑尺解》、《勿庵侧望仪式》、《勿庵浑盖新式》和《勿庵月道仪式》。这些著作虽已佚失，但从保存在《勿庵历算书目》中的提要来看，其中论及的璇玑尺、侧望仪、仰观仪、月道仪、浑盖新仪等，均是梅文鼎在西方浑盖仪和简平仪的基础上赋予新的创意制成的。



三角学是西方天文学的基础，为使学历者深入研究《崇祯历书》，梅文鼎在这一方面做了大量工作。他有感于《崇祯历书》、《天学会通》诸书中有关内容或"举例不全且多错谬，其散见诸历指者谨存用数，无从得其端倪"，或"作图草率，往往不与法

---

① 梅文鼎：《交食管见·小引》。

② 参见第七章。

③ 后面附有新增南天12象134星及其发现和核对过程。

④ 毛际可：《勿庵历算书目·梅先生传》。



相应，缺误处竟若残碑断碣，弧三角遂成秘密藏矣”[1]，于十几年间先后完成了《平三角举要》、《弧三角举要》、《堑堵测量》和《环中黍尺》四本重要著作。其中《平三角举要》和《弧三角举要》系统地阐述了平面和球面三角函数的定义、定理、公式及应用，是中国人自撰的最早的一套三角学教科书。《堑堵测量》一书因创造性地以中国古代数学中堑堵等多面体模型解决了黄赤道坐标换算的问题，同时验证和说明了球面直角三角形各元素间的关系，而被认为是中西数学结合的典范。[2] 在《环中黍尺》中，梅文鼎受《崇祯历书》和简平仪的启发，提出了一种“以量代算”的球面三角形的投影图解法，他将这种方法的纲领精练地概括为：“以横线截弧度，以直线取角度，并与外周相应。”然后依此给出了已知三边、已知两边一夹角、已知两边一对角和已知两角一夹边四种类型的一般球面三角形的图解方法。还在第二卷《三极通机》中，专门讲述了该法在黄道、赤道、地平三种坐标换算中的应用。[3]

中西历算之外，梅文鼎对伊斯兰天文学也有所涉猎。除前面提到的《回回历补注》，他还曾作有《西国三十杂星考》，在黄三和、袁惠子及薛凤祚工作的基础上，将明钦天监贝琳所刻《西域天文书》中三十杂星[4]全部以中国星名考出。另在《历学疑问》一书中，有三篇专论回历五星自行度，又有若干处论及回历与中、西历法之同异。

《历学疑问》是一部问答体的著作，全书共包括 53 篇短文，每篇数百至上千字不等，内容大致可分为中、西、回历之沿革及其比较；西历宇宙模式；黄道、赤道、地平三种球面坐标系；小轮体系；历法基本问题（历元、积年日法、岁实消长）等。这些文章不但通俗地介绍了西方天文知识，梅文鼎对中西历算的一些观点也在其中得到了反映。比如梅文鼎认为西法同于中法者不止一端，像五星之最高加减即中法之盈缩历，恒星东行即中法之岁差……但“中历所著者当然之运，而西历所推者其所以然之源”。西法又有中法未备之五星纬度，“今之用新历也，乃兼川其长以补旧法之未备，非尽废古法而从新术”。“凡必用西法者，以其测算之精而已……故凡最高卑加减、黄道经纬之属，皆其测算之根而不得不用者也。”与此无关之节气、日月起点、星名、纪日、纪岁法以及至关重要之正朔等则不予取用，“徐文定公所谓熔西

---

① 梅文鼎：《勿庵历算书目·弧三角举要》“提要”。

② 刘钝：《梅文鼎在几何学领域中的若干贡献》，见《明清数学史论文集》，南京，江苏教育出版社，1990。

③ 刘钝：《托勒密的“曷捺楞马”与梅文鼎的“三极通机”》，载《自然科学史研究》，1986(1)。沈康身：《球面三角形的梅文鼎图解法》，载《数学通报》，1965(5)。

④ 就现在所知这是传入我国的第一张西方古星表，由波斯天文学家阔识牙耳(Kushyar)在托勒密星表的基础上制成。

算以入大统之型模盖谓此也”。[1]

中国古代测定天体位置以赤道坐标系为主，伪黄道度[2]从之，自元代始又有了同时测量地平经纬度的仪器。不过由于计算方法和坐标设置上的差异，这三种坐标系与明清时西方传入的黄、赤、地平坐标系相比，在换算和使用方面均不够完善。梅文鼎在《历学疑问》中详细介绍了西方的坐标体系，并以“凡经纬度之法，其数皆相待而成，如鳞之相次，网之在纲，衰序秩然而不相凌越。……故可以经度求纬，亦可以纬度求经，有地平之经纬，即可以求黄赤，有黄赤之经纬，亦可知地平。而且以黄之经求赤之经，亦可以黄之纬求赤之纬，用赤求黄亦复皆然”。[3] 浅显地讲解了三种坐标系之用途及其变换。

西历的宇宙模式和小轮体系是《崇祯历书》引进的主要内容。对这些学说，梅文鼎或举例证明其可信，如地圆说、天重数说，或因合天而予以接受，如小轮体系。对于后者，梅文鼎论曰：“晶宇寥廓，天载无垠，吾不能飞形御气，翱步乎日月之表。小轮之在天，不知其有焉否耶。然而以求朓朒之行则既有其度矣，以量高卑之距则又有其差矣。虽谓之有焉可也。”[4]又说：“善步者以数合差而得其衰序，则俨然有形可说，有象可图焉。如小轮之类皆是物也。要之为图为说，总以得其差数而止。其数既明，其差既得，又何必执其形象以生聚讼哉。”[5]在承认托勒密小轮体系中的本天为实体的基础上，梅文鼎又探讨了行星运动的引力问题。他设了两个引力中心，一个是太阳，一个是行星远地点。显然，梅文鼎在这个问题上的理论陷入了混乱之中。[6]

明末之时，李之藻从利玛窦处学得星盘制法，这是一种将天球坐标网向平面投影、状为平圆的观测仪器。[7] 李之藻见其“貌似盖天，其度仍从浑出”[8]而取浑天之圆和盖天之平，将其命名为“浑盖通宪”。关于浑天说和盖天说的关系，李之藻认为应是：“全圆为浑，割圆为盖。……以浑诠盖，盖乃始明，以盖佐浑，浑乃始备。”[9]受



① 以上论述见梅文鼎：《历学疑问·论中西二法之同》、《历学疑问·论中西之异》、《历学疑问·论今法于西历有去取之故》。

② 该坐标系以赤经线所截黄道度为黄经，黄纬亦从赤经线上量度。

③ 梅文鼎：《历学疑问·论经纬相连之用及十二宫》。

④ 梅文鼎：《历学疑问·论小轮不同心轮孰为本法》。

⑤ 梅文鼎：《历学疑问·论无星之天(其二)》。

⑥ 梅文鼎：《历学疑问·再论小轮上七政之行》、《历学疑问·论七政两种视行》。并参见江晓原：《第谷天文工作在中国的传播及影响》，及薄树人：《中国古代关于控制行星运动的力的思想》。江文指出按梅氏提出的第谷体系之五星绕日为虚像说，二者之间当无物理机制相联系。薄文认为两引力的说法比王锡阐的引力思想更为落后。

⑦ 参见本书第五章。

⑧ 李之藻：《浑盖通宪图说》自序。

⑨ 同上。



李之藻著述的启发，梅文鼎在《历学疑问》中写了一篇“论盖天周髀”，试图证明盖天说中已有天圆和地圆之理：“故其言昼夜也，曰日行极北，北方日中，南方夜半。日行极东，东方日中，西方夜半。日行极南，南方日中，北方夜半。日行极西，西方日中，东方夜半。凡此四方者，昼夜易处，加四时相及，此即西历地有经度以论时刻早晚之法也。其言七衡也，曰北极之下，不生万物，北极左右，夏有不释之冰。中衡左右，冬有不死之草，五谷一岁再熟，凡北极之左右，物有朝生暮获。即西历以地纬度分寒暖五带、昼夜长短各处不同之法也。使非天地同为浑圆，何以能成此算?”进而，梅文鼎又推出“故写天以圆器，则盖之度不违于浑，图星象于平楮，则浑之形可存于盖”，以平诠盖，浑盖通宪最著名的观点。至于浑盖通宪是否盖天遗制，梅文鼎认为已不可考。[①] 这一说法在多年后完成的《历学疑问补》中又有了新的变化。

《历学疑问补》共分两卷23个论题。第二卷主要涉及历法排定。第一卷则集中论证了西历源流本出中土[②]，其所用基本论据即浑盖通宪中反映的西方天地观和以平诠浑的思想早已出现于周髀盖天说中。为此，梅文鼎更详尽地阐述了周髀中已有天圆和地圆概念之说。对于前者，他论述道：“盖天即浑天也。其云两家者，传闻误耳。……故浑天如塑像，盖天如绘像……知盖天与浑天原非两家，则知西历与古历同出一源矣。”[③]从这点出发，他又进一步提出：“盖天以平写浑，其器虽平，其度则浑。……是故浑盖通宪即古盖天之遗制无疑也。”[④]浑盖通宪“地平之经纬与天度之经纬相与错综参伍，而如指诸掌。非容成、隶首诸圣人不能作也。而于周髀之所言一一相应，然则断其为周髀盖天之器，亦无不可矣”。[⑤] “简平仪[⑥]以平圆测浑圆，是亦盖天中一器也。”[⑦]浑盖与简平仪“一则用切线，一则用正弦，非是则不能成器矣。因是而知三角八线之法，并皆古人所有，而西人能用之，非其所创也。”[⑧]在论证浑盖通宪、简平仪、三角八线等均为古盖天遗法的同时，梅文鼎还给出了中法西传之途径。他根据《尚书·尧典》中记载的上古时羲仲、羲叔、和仲、和叔四人分宅四方，以测二分二至的传说，设想东、南皆滨大海，北方又有严寒之畏，只有和仲向西无阻碍，“可以西则更西”。至周末幽厉之时，畴人子弟分散，亦有挟书器而西征者。于是西域诸国包括回回均受盖天说之影响。“而西洋人精于算，复



① 梅文鼎：《历学疑问·论周髀仪器》。

② 关于梅文鼎与“西学中源”说，参见江晓原：《试论清代“西学中源”说》，载《自然科学史研究》，1988(2)。刘钝：《清初历算大师梅文鼎》，载《自然辩证法研究》，1986(1)。

③ 梅文鼎：《历学疑问补·论盖天与浑天同异》。

④ 梅文鼎：《历学疑问补·论浑盖通宪即古盖天遗法》。

⑤ 梅文鼎：《历学疑问补·论浑盖之器与周髀同异》。

⑥ 一种类似于星盘的仪器，参见本书第五章。

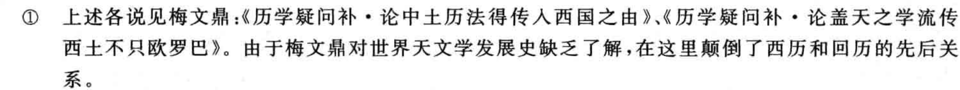
⑦ 梅文鼎：《历学疑问补·论简平仪亦盖天法而八线割圆亦古所有》。

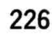
⑧ 同上。

从回历加精。”周髀盖天之学由此而广泛流传西土。[①] 至此，梅文鼎从宇宙理论的角度结构完成了一整套学说，成为继王锡阐之后，历学“西学中源”说的又一阐发者。然而梅文鼎的这番论证是经不起推敲的。因为中国古代盖天说是一个包含了相对完整的结构和数据的体系，这一体系虽然可以解释部分天文地理现象[②]，但它根本不具备天圆和地圆概念，其图器表现的也不是与这两种概念密切相关的浑盖通宪所反映的球面坐标及其投影或曰塑像和绘像间的关系。由此可知，上述中西两种体系谁源于谁的问题并不存在。至于容成、隶首诸圣人作浑盖通宪、简平仪和三角八线均为古盖天遗制，等等，更是明显的牵强附会之说。而作为一代历算大师，梅文鼎之所以构造出这样一套理论，是有其深刻的社会历史背景的。

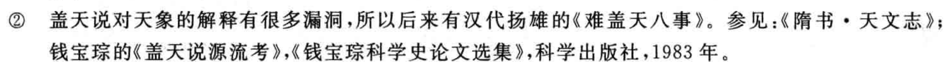
明清之际，西方科技文明冲击中土，大批知识分子面临两难处境，一方面他们看到西法胜于中法已逐渐成为不争的事实，另一方面他们又要维护中国的文化传统，坚持“用夏变夷”的理想。为了缓解这种困境，明遗民黄宗羲、方以智和王锡阐提出了“西学中源”说[③]，其后这一学说又得到了希望既能采纳西学，又能保持王道尊严的康熙皇帝的倡导。[④] 梅文鼎曾受康熙礼遇，本人也有与王锡阐等人相近的矛盾心理，因此便成了“西学中源”说的积极鼓吹者。[⑤] 从长远看，他的论证对西学的深入传播产生了一定的消极影响。[⑥]

尽管具有上述历史上的局限性，但梅文鼎在终其一生的研究中基本上还是遵循了“去中西之见，平心观理”[⑦]的态度。他的著述深入浅出，而且(主要是在几何学方面)采用了独特的融汇中西的方法。在当时条件下，这是一种易于为大众所接


① 上述各说见梅文鼎:《历学疑问补·论中土历法得传入西国之由》、《历学疑问补·论盖天之学流传西土不只欧罗巴》。由于梅文鼎对世界天文学发展史缺乏了解，在这里颠倒了西历和回历的先后关系。






② 盖天说对天象的解释有很多漏洞，所以后来有汉代扬雄的《难盖天八事》。参见:《隋书·天文志》;钱宝琮的《盖天说源流考》,《钱宝琮科学史论文选集》,科学出版社,1983年。

③ 参见本章第二节和第四节。

④ 康熙作有《三角形推算法论》,其写作背景参见王阳宗:《康熙、梅文鼎和“西学中源”说》,《传统文化与现代化》,1995(3)。王文认为康熙曾受《历学疑问》的启发。而梅文鼎在读过《三角形推算法论》后亦有:“御制《三角形论》言西学贯源中法，大哉王言，著撰家皆所未及。”(“雨坐山窗”,《绩学堂诗抄》卷四)“伏读圣制《三角形论》,谓古人历法流传西土，彼土之人习而加精焉尔，天语煌煌，可息诸家聚讼。”(同上,“上孝感相国”)“伏读御制《三角形论》,谓众角辏心以算弧度，必古算所有，而流传西土，此反失传，彼则能守之不失且踵事加详。至哉，圣人之言可以为治历之金科玉律矣。”(《论简平仪亦盖天法而三角八线割圆亦古所有》)显见又受到康熙的影响。

⑤ 在数学领域，梅文鼎对“西学中源”说的论证主要集中于“几何即勾股”之上。虽然他在此观点指导下完成的研究中不乏精辟的见解，但其总的结论是错误的。参见刘钝:《清初历算大师梅文鼎》、《梅文鼎在几何学领域的若干贡献》。

⑥ 梅文鼎所论《中土历法得传入西国之由》后被采入《明史·历志》,成为清代钦定的观点。

⑦ 梅文鼎:《堑堵测量》二。



受的学习西学的方式[1]，梅文鼎的工作因此而在清初产生了很大的影响，他本人也获得了“历算第一名家”[2]的赞誉。

第四节　明末清初的其他天文学家

梅文鼎、王锡阐、薛凤祚均为明末清初的天文学大家。除他们之外，当时其他一些有影响的民间天文家还有黄宗羲父子、方以智父子、揭暄、游艺等人。

黄宗羲，字太冲，号南雷，人称梨洲先生。生于1610年，1695年卒。浙江余姚人，为明清时著名的思想家和历史学家，对天文学也颇有研究。明亡之际，黄宗羲曾起兵抗清，兵败后一度流亡于东南沿海，每日与人“坐船中正襟讲学，暇则注‘授时’、‘泰西’、‘回回’三历”。“尝言勾股之术乃周公、商高之遗而后人失之，使西人得以窃其传。”[3]因此被认为是“西学中源”说之最早的提倡者。[4] 明亡后，黄宗羲隐居著述，完成的著作中包括天文历法十余种，其中仍存世的有《西历假如》、《授时历假如》、《授时历故》等。《西历假如》是以实例介绍西方查表计算日、月、五星运动和交食方法的著作。《授时历假如》以同样方式介绍了中历日、月及交食的推算。《授时历故》四卷作于1676年，主要涉及日躔历、月离历、气朔历的计算，内容包括平立定三差法和弧矢割圆术。[5] 1680年，主持编修《明史》的大臣徐元文向康熙推荐了黄宗羲，康熙命两江总督和浙江巡抚以礼相聘。黄宗羲辞而不征，但允其季子黄百家(字主一，号耒史)进京参与修史。黄百家本其家学参加了《明史·历志》的编纂。[6] 此后他又为老父编辑其所著《宋元学案》一书。在卷十七“横渠学案(上)”中，黄百家有注曰：“地转之说，西人哥白尼立法最奇，太阳居天地之正中，永古不动，地球循环转旋，太阴又附地球而行，依法以推薄食凌犯，不爽纤毫。盖彼国历有三家，一多禄茂，一哥白尼，一第谷。三家立法，迥然不同，而所推之验不异。究竟地转之法难信。”这是目前所见中国史料中最早的对哥白尼“日心说”的明确描述。

方以智(1611—1671)，字密之，号曼公，安徽桐城人。方以智家学渊源，又博览群书，在哲学、文学、音韵、训诂、历史及自然科学等方面均有造诣。崇祯十三年

---

① 参见刘钝：《清初历算大师梅文鼎》。

② 江永：《翼梅》序。

③ 全祖望：《梨洲先生神道碑文》。《鲒埼亭集》，卷十一。

④ 江晓原：《试论清代“西学中源”说》，载《自然科学史研究》，1988(2)。

⑤ 这部分内容可能直接与《明史·历志》有关，但它们显然是不够全面的，仅有日、月平立定三差公式的推导和以弧矢割圆术求黄赤道差、白道交周及黄赤道差立成，作图也比较粗略。

⑥ 黄宗羲后来可能通过黄百家参与了《历志》的编审。参见梅文鼎：《勿庵历算书目》，《〈明史·历志〉拟稿》。

(1640),方以智中进士。并官至翰林院检讨。明亡,方以智支持抗清,曾辗转流亡于浙江、福建、广东、广西等地,后出家为僧。他一生共撰写了100多种著作,其中与天文相关的有《通雅》和《物理小识》。《通雅》是考证、训诂类书籍,1666年出版,书中包括天文、历法卷。《物理小识》是方以智自然科学方面的代表作,该书初成于1643年,1664年首次刊刻。在卷一"历类"中,他结合中、西天文学,介绍了地圆说;黄赤道;九重天说;七政远近;岁差;光肥影瘦;日、月、星之运动;各地不同的昼夜、节气等知识。其中不乏独立见解。比如利玛窦曾言地球周长为9 0000里,日径大于地球165 $\frac{3}{8}$倍,日离地心1 600多万里,由此可以算出日地距离仅有日径的3倍,"而日火煏地,未可解也"。方以智因之提出了"光肥影瘦",即人目所见太阳圆面大于实际发光体的理论。这一理论后来为《历象考成》采纳。

方以智门徒甚多,其中揭暄、游艺皆以历算闻名。游艺《天经或问》完成后,方以智曾为之作序,序中说:"万历之时,中土化洽,太西儒来。脬豆合图,其理顿显。胶常见者骇以为异,不知其皆圣人之所已言也。……子曰:'天子失官,学在四夷。'"[①]此言表明,方以智也是"西学中源"说的早期提倡者之一[②]。

方中通(1633—1698),字位伯,号翁郡,方以智次子。方中通与同时代学者梅文鼎、揭暄、游艺等均有交往。1652—1653年间,他在南京与薛凤祚同从穆尼阁学习乘除历算。1659年又远游北京,因所得穆尼阁火星法最捷而与汤若望相质论。方以智可能就是经他而得知穆氏的一些观点。在《物理小识》卷一《岁差》中,可见"穆公曰:'地亦有游'"之句。另在卷二《地游地动》中,方中通有注曰:"穆先生亦有地游之说。地中多空气,行其中,各方小动,亦常事也。"这两段记载均可视为穆尼阁曾向中国学者透露过哥白尼日心地动说的证据。



揭暄,字子宣,号半斋,又号韦纶。江西广昌人。大约生于1626年前,卒于1700年之后。清军破南京,揭暄与其父率众起义,辅佐南明隆武政权。兵败后隐居山林。清顺治十六年(1659),方以智禅游江西。揭暄从此开始了与方氏父子的交往,至迟在1675年,他在天文学上的代表作《璇玑遗述》(一名《写天新语》)即已告成。该书共分六卷[③],主要论述了天地的起源、构成和运动,地圆说与潮汐,七政之运动及其机制,日、月、星的自转,日月交食和日小光肥之理,历书制订等内容。书末并附有各种天文地理图。

揭暄天文学研究的特点,在于他将西学与传统相结合,提出了一些独到的理

① 方以智:《游子六〈天经或问〉序》。《浮山文集后编》,卷二。

② 江晓原:《试论清代"西学中源"说》。

③ 揭暄:《璇玑遗述》,刻鹄斋版。



论。在此仅以其潮汐学说、月面图及天体运行机制理论为例。

早在东汉时，中国人就明确认识到潮汐变化与月亮运动相关。至北宋，沈括又指出每天两次潮汐均发生在月亮上下中天前后。在此基础上，揭暄结合西方传入的大地球形说，提出了潮汐运动的椭球模型。他说："盖月轮所在，诸水悉升，固已。然以当顶处为正对，潮壮盛。在西偏万五千里，水望见，潮即起。在东偏万五千里，水不见，乃消尽，横跨地面，实平分地球之半。在汐则不然，东潮则西汐，昼潮则夜汐。月已没，汐方起。月正隔，特壮盛。月将生，乃消尽，正与月相背，正与潮相反，亦平分地球之半（汐背月而生，月在地面上周移，汐亦在地面上周移，不论昼夜，渐移渐改，似不欲与月相见而深相避者。然地本圆体，上下潮汐突起，两头前生后消，遂抱地球作一长椭形，有如榄核但椭，核移，地球不移，余有图）。"[①]揭暄的图被收入游艺《天经或问》后集（见图8－4），从其图文可以看出，揭暄在地心、地静的宇宙模式中基本正确地解释了天文潮的运动规律，为中国的潮汐学研究作出了重要贡献。[②]

除潮汐图，《天经或问后集》及刻鹄斋版《璇玑遗述》还收有揭暄所绘相差180°的两幅月面图（见图8－5）。据研究，这是中国民间天文家首次借助望远镜绘出的月面图。[③] 对此图形揭暄曾有过一段描述："（月）内之黑点，有青紫色、金黄色，一如老石榴皮。又白体中有赤硃小圈者四，三近南作品字形，一近北离边不远。数者犹如镜照人物，全形毕见，余于窥天镜曾熟视得之……"[④]该文是后人了解望远镜在民间应用情形的一份珍贵史料。

揭暄另一为当时人所瞩目的工作是其天体运行机制的模型。他反对具有实体的九重天说，认为天由气生，地由微尘生，日、月、五星均浮于气中，由于气的运动而形成制轮（一日一周）、激轮（因天气之制逆退滚进激成之小轮）、摄轮（日摄金、水所成绕日之轮）和冲轮（日气冲木、火、土所成之轮）。虽受限于"地心说"，但这一理论还是反映了揭暄独到的思考。

游艺，字子六，福建建宁人。曾师从方以智、熊明遇研习天文，作有《天经或问》前、后集。该书为问答体，《前集》卷一是各类天文图。卷二介绍了九重天说，地圆说，黄道、赤道、地平坐标系，日、月、五星运动及交食等。卷三、卷四分别涉及恒星、历日制订诸问题。后集则集中论述古今历法得失及定历诸事。因与揭暄相友善，故集中多见后者书中的内容。如前述之月面图、昊天一气浑沦变化图（即天体运动机制模型）、定历十事等。此外，他亦认为九重天说只为测算而设，并不"如物之层

---

① 揭暄：《璇玑遗述·潮汐主月》。

② 石云里：《揭暄的潮汐学说》，载《中国科技史料》，1993(1)。

③ 石云里：《中国人借助望远镜绘制的第一幅月面图》，载《中国科技史料》，1991(4)。

④ 揭暄：《璇玑遗述·月自转征》。

层而分之者也”。由于《天经或问》是一部通俗性的天文学著作，所以它对天文知识的传播起到了一定的作用。此书后来传到日本，在日本也曾多次翻印。

图 8—4　揭暄的潮汐模型

从某种意义上说，本章所介绍的这些天文学家的工作并不是孤立的。他们或承家学，或为师生、朋友，或在学问上相互影响，彼此间保持着多种渠道的联系。虽然处于中西文明大碰撞的时期，各人对西学的态度有所不同，但作为一个整体，他们对西方天文学知识在民间的传播起到了不可忽视的重要作用，他们的研究在清代也获得了广泛的承认。







图 8—5　揭暄所绘之月面图



第九章　中国近代天文学的孕育

第一节　中国的近代天文学

近代天文学使天文学成为独立的自然科学，不再是与神学和哲学混在一起并附属于神学的知识。哥白尼是通过对天体视运动现象与宇宙结构相联系，力求揭示自然界真实的运动规律。是在原有科学知识积累的基础上，探索客观世界的过程，以求分析判断出存在的事实。为了《天体运行论》能够发表，他在写给保罗三世教皇的献词中说：

我怎么会违反天文学家的传统论点并几乎违反常识，竟敢设想地球在运动。因此我不打算向陛下隐瞒，只是由于认识到天文学家们对天球运动的研究结果不一致，这才促使我考虑另一套体系。首先，他们对太阳和月亮运动的认识就很不可靠，以致他们甚至对回归年都不能确定和测出一个固定的长度。其次，不仅是对这些天体，还有对五个行星，他们在测定其运动时使用的不是同样的原理、假设以及对视旋转和视运动的解释。有些人只用同心圆，而另外一些人却用偏心圆和本轮，尽管如此都没有完全达到他们的目标。虽然那些相信同心圆的人已经证明，用同心圆能够迭加出某些非均匀的运动，然而他们用这个方法不能得到任何颠扑不破的、与观测现象完全相符的结果。在另一方面，那些设想出偏心圆的人通过适当的计算，似乎已经在很大程度上解决了视运动的问题。可是这时他们引用了许多与均匀运动的基本原则显然抵触的概念。他们也不能从偏心圆得出或推断最主要之点，即宇宙的结构及其各部分的真实的对称性。[①] 这段话确实体现了近代天文学的精神。

如果以天文学成为独立的自然科学，天文学观测摆脱完全依靠裸眼的状态，为近代天文学的主要标志的话，那么中国近代天文学的出现是很晚的事。严格地说应以中国建造了自己的第一个近现代天文台——紫金山天文台为标志。那么由1610年改历呼声高涨起，到1934年南京紫金山天文台建成，中间经过了324年的酝酿过程。中国向近代天文学的过渡，经历了漫长的时间。

---

① 哥白尼著，叶式辉译：《天体运行论》，武汉，武汉出版社，1992。



如果以在中国土地上出现安装有望远镜的近代天文台为标志的话，那么时间可以提前到1877年上海出现徐家汇观象台，但该台以及随后出现的一些其他天文台站，都是为帝国主义列强侵略中国服务的，是所有权握在殖民主义者手里的侵略工具。尽管它们有不少科学研究的成果，积累了宝贵的天文观测资料，我们也只能把它们列为中国走向近代天文学的一段插曲，或者说是这一历程中的一个部分。

第二节　中国近代天文学思想的酝酿

中国有过辉煌的古代天文学，也有过辉煌的远洋航海壮举，由于社会发展的复杂原因和中国古代天文学自身的一些缺陷，有着良好基础的中国未能成为最早出现近代天文学的国家。并从元初郭守敬以后，天文学发展出现了停滞局面。明代出现不断高涨的改历呼声，是天文学已经不能满足社会需要的反映。欧洲传教士将西方天文学知识传入中国，为中国提供了学习和借鉴的机会，有利于中国天文学向近代天文学的过渡，也揭开了东西方两种文化、两种天文学体系交锋的序幕。在交锋中近代天文学思想逐渐在中国酝酿，促进了过渡的过程，概括总结如下：

(1)明万历三十八年(1610)十一月壬寅朔，钦天监推算日食严重失误，导致一直存在的改历呼声更加高涨；崇祯二年(1629)五月乙酉朔，钦天监推算日食再次严重失误，终于使皇帝下定决心改历，任命徐光启督领历局制定新历。这一方面是中国传统历法已不能应付门面，传统天文学落后到不能满足社会需要的反映；也是16世纪末随着耶稣会传教士来华带来的西方天文学知识，开始为部分中国学者了解，说服皇帝引进西方天文学，以解燃眉，西方传教士和西方天文学进入中国官方的反映。这一时期，传统天文学思想的改变仅发生在少数人身上，在一般人的心目中，只想引入一些计算方法，以弥补传统历法的不足。



(2)在编制新历中如何引进西方天文学内容？可供选择的方案有：全盘照搬西学；仿照回回设科，提供参照；用西学修订大统历，保持传统历法；熔彼方之质材，入大统之型模。在当时的社会条件下，全盘照搬显然通不过；吸收西学之长修补旧历，因系统不同而无法操作；西学自立门户，提供参考，显然地位很低，传教士达不到传教目的，徐光启等人可能白辛苦，所以也未被接受；结果是按徐光启的方案，只按大统历的重要框架，实质上用的是西学。这一方案的确定决定了新历采用西方体系，为中国传统天文学思想的改变创造了基本条件。

(3)崇祯七年(1634)，新历书全部完成，这是中国天文学史上的一件大事。这是由官方引进并经中国学者消化吸收的西方天文学，是供皇帝颁发全国的。由于当时正值中国学者处于“天文学饥渴”时期，迫切需要学习和研究新的天文学知识，

《崇祯历书》满足了这种社会需要。

(4)中西天文学的第一次对垒中,强大的守旧势力终于使《崇祯历书》未能颁行。在这场新旧体系的较量中,守旧势力依靠的是传统天文学与封建统治已经协调,传统天文学体系与封建社会自洽的优势。新法受到的挫折,再一次反映出传统天文学的力量所在,旧体系确实有根深蒂固的一面。这一次守旧势力占了上风,达到了阻挠新法的目的。

(5)入清以后,《崇祯历书》经过部分删削,以《西洋新法历书》名义得以颁发,处于钦定地位。《西洋新法历书》既是编制每年时宪历的依据,又是中国学者了解和学习西方天文学的唯一巨著。中国一些学者从中看到了许多传统天文学所没有的内容,天文观念受到潜移默化的影响。

传教士入主钦天监,虽然他们在校验历法时,依据《西洋新法历书》进行推算,传达的是西学的知识,但担任的官职还需负责观象占卜,他们一改尊重客观实际的面目,也玩起"胡言乱语"的占卜游戏。汤若望担任监正时的奏本中,不乏此类货色。[①] 例如一份题本中有:"……(四月)初十壬戌,巳时候至午时,观见日生晕,围图赤黄色鲜明,良久渐散……谨按观象玩占,占曰:……五谷不成,人饥,天下有兵色。"中国钦天监传统的工作内容,也影响到传教士。这种妥协既有保官和入乡随俗的成分,也有传教士自身不打算改革旧习的原因。

(6)杨光先《请诛邪教案》,扳倒了汤若望,再次启用早已不能满足社会需要的大统历和回回历,显然是一个大倒退。这是保守势力维护传统天文学的最后一搏,但毕竟是逆历史潮流的行为,终以彻底失败告终。中西天文学体系的第二次大交锋,虽然新派代表人物付出了生命的代价,最终还是新法取得胜利。以康熙皇帝为代表的中国学者中的大多数,已经认识到旧体系不敌新法,科学的力量征服了人心,这次交锋有助于新天文学在更大的范围内传播。

(7)南怀仁执掌钦天监,灵台发生了重大变化。康熙八年(1669)初,南怀仁升任钦天监监副,并受命为灵台制造新的天文仪器,1674 年将新制成的六件仪器安装于北京古观象台上。这六件仪器的原型都采自第谷,其基本形制、刻度系统、坐标体系都是欧洲古典式的,在欧洲是 100 年前最优秀的仪器体系。当南怀仁决定将它们作为制造新仪的参考样本时,欧洲已不再发展这类仪器,可见引进的仪器模式在欧洲已属落后。但是南怀仁是不会仿制中国古仪的,他在证明西方历法计算优于大统历和回回历术后,也想证明类似中国传统天文仪器的西方古典仪器,会比中国古仪先进。事实上在欧洲已属落后的仪器,即使有一些改进,搬到中国也不可

① 此类奏本见中国第一历史档案馆藏《钦天监前三朝题本》。



能成为先进的东西，何况它们原本也并不比中国古仪先进。

南怀仁没有用欧洲先进的望远镜装备中国的皇家天文台，这确实是一件很遗憾的事情。花费了大量人力、物力和财力装备的新天文台，一开始就比欧洲落后了100年，不利于中国天文学迈向近代。特别需要提出的是，这类古色古香的仪器不利于人们扩展眼界，转变天文观念。由于工作方式和接收的信息没有新的突破，天文学就不能获得多大进步。

新安装的六件天文仪器是有其特色的，在许多方面传达了欧洲天文学的信息，主要是：①黄道经纬仪可直接量度黄经、黄纬，有利于研究太阳系天体运动的共性，也方便于这类天体的测量，同时加强了黄极的概念。当然有了坐标变换的计算方法后，一台黄道经纬仪实际上是多余的。但对于传统天文学来说，还是增加了天文坐标系的概念。②采用一圆周360°制和角截线分割的读数刻划系统，比传统天文仪器读数精度提高了一个数量级。③充分利用天球概念的测量两星角距的仪器第一次介绍进中国。④让中国人领略了西方古典仪器的风采，也提供了做中外古典天文仪器对比研究的实物。⑤天球仪上做了中外星名对照，有助于借助西方星图星表。

(8)清代初期，颁发了《西洋新法历书》，以西方天文学体系为基础的天文历法，获得钦定地位，反映着中国天文学体系在缓慢变化。但《西洋新法历书》主要用作编算每年民用历书时宪历的依据，民用历书中吉凶宜忌的内容很多，因此从大的格局看，天文历法的目的并未对传统天文学形成突破，一如既往，历法还是为皇权服务的，有穿新鞋走老路的味道。其实际应用和《西洋新法历书》内容中的许多天文知识格格不入。另一方面，西方天文学知识之所以能获得钦定地位，康熙皇帝要求钦天监官员学习《西洋新法历书》，重要的是其在验算历法的日食观测中，屡屡胜过旧历。是在“以天验历”中经受考验而获胜的，也反映出清代统治者对天文学的要求还是围绕历法的，对灵台的主要功能也多限于检验历法，天文学的地位似乎还在老框架中。



(9)清代的民间天文学研究十分活跃，其中民间天文学家对西方天文学的学习与研究，达到了很高的水平。代表人物首推梅文鼎，他的科学著作，多收入《勿庵历算全书》、《梅氏丛书辑要》、《勿庵历算书记》等书籍中。对于西学，他主张“技取其长而理惟其是”，“法有可采何论东西，理所当明何分新旧”，希望中国知识分子“去中西之见，以平心观理”。由于他在数学和天文历算方面成就彪炳，康熙皇帝御赐“绩学参微”匾额，他的这种治学思想影响很大，带动许多知识分子学习西学，丰富自己。也影响到一些排斥西学，成见颇深的知识分子“以平心观理”。

民间的学者对于中国人自己未能编出可与西学媲美的历法，解决改历问题，总

觉得脸上无光；在以天验历而屡屡相符后，皇帝对传教士的特别恩宠，更深深地刺痛了这些人。其中一些人因而下工夫学习和钻研西方的数学和天文学知识，同时又想到我国有悠久的数学和天文传统，其中定有能够用来解决同类问题的知识，所以他们也同时钻研历史文献，发掘传统天文学的精华。如果说官方把天文学看作是制历的工具、理历的技艺，那么对民间的学者来说，天文学是学问，是科学知识，是需要从原理和方法上都搞清楚的学术问题。他们在学习和研究西学的过程中，不能不受到西学的影响，至少他们需要将天体的运行与宇宙结构模式相联系，建立地球的观念，对地理纬度对昼夜长短的影响，日、地、月三者的相对距离、相对大小等与传统天文学概念不同的内容做探讨，从而把天文学较多地关注天人关系转变到较多地注重天文学本身上来。对天体运行和宇宙模式的关注，必然导致对几何学、三角学的研究，促进了传统天文学思想的逐渐改变，逐步地把天文学作为科学而予以研究。

梅文鼎主创用中国传统数学的勾股法去阐发三角学，在《勾股举隅》中提出“三角即勾股之变通，八线乃勾股之立成也”。甚至在《弧三角举要》一书中断言：“全部《历书》（指《崇祯历书》）皆弧三角之理，即勾股之理。”对计算弧三角问题，“窃为一言以蔽之，曰析浑圆而寻勾股而已”。他用这套办法，对郭守敬进行黄赤道坐标换算的方法给出了三角学解释[①]，成为会通中西的楷模。阮元在《畴人传》中曾说清代数学家们，“师师相承，要皆本于梅氏”。研究者们认为：“清代早期的多数数学家，不是通过《几何原本》、《崇祯历书》等著作，而是通过梅文鼎对它们的解读来了解西方几何学（包括三角学）的。”[②]

梅文鼎发掘传统开发西学的做法，导致他在《历学疑问》等著作中，作出西洋天文学源出于中国之盖天说的判断，一时间“西学东源”说颇盛行。反映出即便是在民间的西学研究当中，即便是并不排斥西学的中国学者，出于对自身文化传统的热爱，也不是一帆风顺的，是需要一个消化过程的。



（10）明代后期与改历呼声同时出现的是传统天文学研究的复兴。入清以后，大型类书的编纂为传统文化研究的高潮出现做了导向，由于通经必须博史，而经书、史书中天文历法的内容又十分丰富，传统天文历法的研究受到重视，并取得了许多成就。例如李锐（1769—1817）校注了三统历、后汉四分历、乾象历，复原了宋代的奉元历、占天历；梅文鼎修《明史·历志》，不但要阐明授时历、大统历，还补注

---

① 刘钝：《郭守敬的〈授时历草〉和天球投影二视图》，载《自然科学史研究》，1982(4)。

② 刘钝：《梅文鼎在几何学领域中的若干贡献》，见《明清数学史论文集》，182页，南京，江苏教育出版社，1990。



了回回历；汪曰祯编成《历代长术辑要》，计算了 2 500 年的朔闰时刻等。一部《畴人传》以约 60 万字的篇幅，记载了历代天文学家和数学家的生平和学术成就。

传统天文学研究的复兴有多方面的原因，但其中有一个原因很值得重视，这就是企盼中国天文学再度辉煌，能够超过占领了中国官方的西方天文学。在这方面，《畴人传》的编著很有代表性。主编阮元在序言中表达了这份情感，鉴于中学道湮，希望发扬历史上优秀学者的传统，激起后学的“向慕之心”，能出现更多的像郭守敬似的新人，他们“能遍通古今推步之法，亲验七政运行之故，精益求精，期于至当，则其造诣当必有出西人之上者”。这种弘扬民族文化的精神可嘉，但不能因此而放不下架子，因为如果陷入狭隘的民族情绪之中，就不利于吸收外来文化的精华。中国传统文化的博大精深，不应成为学习外国先进科学的障碍。阮元所代表的一批学者，看到了我们自己落后的一面，力图奋起赶超。他们提出了发掘传统的对策，欠缺的是虚心学习加强研究的方案。他们虽有重振雄风之心，但其对策达不到“出西人之上”的目的。

(11)《历象考成》的编成。由于《新法历书》叙述还不够清晰系统，缺少中国学者在理解基础上的叙述，加之其中有错讹和图表不合之处等缺陷，写一部经中国学者再解释并订正错讹的新书确有必要。完成于康熙六十一年(1722)的《历象考成》就是这样一部书，可供历官推算时宪历使用。这部书有助于中国学者学懂传入的西方天文学，可惜它仍采用第谷体系和第谷的大部分天文数据，不能获得正确的宇宙观念。

(12)《历象考成后编》在传教士戴进贤、徐懋德的帮助下，将开普勒第一定律与第二定律引入书中，用椭圆运动定律和面积定律，替代了过时的小轮体系，增补了有关视差、蒙气差的理论和改正采用值，在月食计算上考虑了地球大气对地球半径增大的影响，写出编表的理论依据和使用方法，显然是学习西方天文学的新进展。《历象考成后编》的编撰过程，使明安图、梅瑴成等中国天文学家对欧洲天文学有了更深的了解。遗憾的是《历象考成后编》不但没有介绍哥白尼学说，连开普勒定律也是颠倒的，处在椭圆焦点上的不是太阳而是地球。



(13)乾隆二十五年(1760)蒋友仁献上的《坤舆全图》是传教士第一次系统介绍哥白尼体系的作品，三四十年后以《地球图说》名称翻译出版。对于此书，钱大昕在给戴震的信中说：“本轮、均轮本是假象，今已置之不用，而别创一椭圆之率，但使月离交食推算与测验相准，则言大小轮可，言椭圆也可。”代表了一部分学者，只把新知识当成计算天体位置的处理方法，不能从本质上看待这一宇宙体系。

哥白尼学说是近代天文学的发端，它不同于以往的同心球理论和本轮均轮学说，因为它不是一种拟合天体位置的手段，而是客观世界的真实反映。它正式传入

中国对中国天文学思想的转变极为重要，是中国天文学史上的一件大事。它不仅动摇了基督教神学的基础，也会成为撼动中国"天命观"基础不可抗拒的力量，阮元敏感地觉察到了它的力量，不但在《地球图说》序言中告诫人们"不必喜其新而宗之"。又在《畴人传·蒋友仁传》中说它："上下易位，动静倒置，离经叛道，不可为训，固未有若是甚焉者也。"力图把它仍降为一种拟合天体位置的数学手法，虽然达不到弘扬哥白尼学说革命精神的目的，却有利于学者们传播和研究哥白尼学说。新的宇宙观以其简洁明了的优势，蔑视"上天"或者"造物主"的气魄，探索客观真理的力量，像一粒思想种子种入中国学术界，它一定会发芽、生长。一旦社会条件成熟，它就会逐渐壮大。

(14)鸦片战争震惊了清廷统治集团，其中的洋务派深感需要学习西方先进的科学技术，代表人物奕䜣就提出："洋人制造机器、火器等件，以及外船行军，无一不自天文算学中来。"[①]1866 年恭亲王奕䜣奏请在京师同文馆内增设天文算法馆，这是中国近代最早出现的官办天文教育机构，聘请李善兰为总教习，由海关税务司英国人赫德(Robert Hart，1835—1911)代聘洋人为教习，开设天文学、化学、生理学等课程。1867 年第一次招考，从应考的 72 人中录取了 30 名，不料半年中竟有 20 名被淘汰。该馆在 1867 至 1894 年 20 多年时间内，成绩甚微，没有出现过有影响的天文学人才。

洋务派提出"中学为体，西学为用"的方针，是想具体应用西方航海天文学的知识，丝毫不想改变维持他们统治的祖制。实际执行起来还是老一套。本欲科举入仕的秀才、举人、进士、翰林甚至五品以下的官吏，进入天文算学馆，想的是升官发迹，并无学习西学的兴趣。此外，学员的科学基础很差，但却享有较丰的薪水，所以官办同文馆培养不出精于西学的天文人才。但这件事反映出统治集团内部已经意识到：天文学并不仅是编算历法和择吉的技艺，它与西方的坚船利炮也是有关系的。这是一个重要的思想变化，原来天文学也与富国强兵有关。

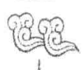
(15)与官方在北京设立同文馆差不多同时，外地也出现了类似的学校，从事教育和译书的工作。1863 年和 1864 年分别在上海和广州设立广方言馆，1868 年江南制造局设立了译书馆。不仅如此，教会也兴办了大量学校，其中不少学校设有天文学课程。如美国圣公会于 1845 年在上海开办圣约翰书院，美国长老会于 1864 年在山东登州创文会馆，等等。教会希望培养奴才，以便有朝一日在为了基督的旗帜下为该国卖命；官方也希望培养掌握西方科技的奴才，以巩固自己的统治。但是列强的坚船利炮也使中国广大的知识分子猛醒，要想不挨打受欺，只有自己去掌握

① 见中国近代史料丛刊：《洋务运动》，第二册，22 页。



西方先进的科学技术，大多数人学习宣传西方科学技术包括天文学，是担心进一步受外国之欺，要富国强兵。这一时期，先进的一部分中国人其天文学思想已发生了巨大的变化，他们已经认识到天文学是科学，不抛弃落后的天文观念，就学不到科学的天文学。李善兰就是其中突出的代表人物，在《谈天》一书的序言末尾，写出："余与伟烈君所译《谈天》一书，皆主地动及椭圆之说。此二者之故不明，则此书不能读。"明确宣布：不放弃陈旧观念的，不必读此书，读也无用。

(16)转变中国人天文学观念的突破口也是哥白尼学说。清代后期，一部分先进的中国知识分子，不再把天文学看作是为皇家服务的技能，他们开始把它作为科学来对待，步欧洲天文学的后尘，把注意力转向探求天体运行规律的本质，天文学思想发生了革命性的变化，而这一转变的突破口，仍然是引起欧洲天文学革命的哥白尼学说。例如魏源在鸦片战争时期提出"师夷长技以制夷"，自己则尽力收集外国知识。在《海国图志》一书中，他用了六卷介绍天文学知识。书中写道："明嘉靖二十年间，有波兰国人哥白尼者，深悉天文地理，言地球与各政相类，日则居中，地与各政(其他行星)皆循环于日外，川流不息，周而复始……以后各精习天文诸人，多方推算，屡屡考验，方知地球之理，哥白尼所言者不谬矣。"而李善兰所译《谈天》，是一部系统介绍近代欧洲天文学的书，内容包括截止到19世纪中期天文学发展的各个方面，其中光行差和彗星轨道理论，都是哥白尼学说的重要证据。中国早期资产阶级改良主义思潮代表人物之一的王韬赞李善兰说："西来绝学当今稀，畴人法在谁能知。"他在《漫游随录》中写道："英国以天文、地理、电学、火学(热学)、气学、光学、化学、重学(力学)为实学(科学)，而弗尚诗赋词章，其用可由小而至大。"呼唤中国的科学。



哥白尼学说成为"新学家"们的思想武器，其中如康有为、严复、谭嗣同等，都在不同程度上吸取西方文明，特别是吸取哥白尼、达尔文的自然科学成果，作为变法维新的舆论。

康有为在他28岁那年(1885)，写了一本天文书《诸天讲》，共十五卷，此书在他死后于民国十九年(1920)出版。书中说："吾之于哥白尼也，尸祝而馨香之，鼓歌而侑享之。后有伽利略者修正哥白尼说，益发明焉。至康熙时，1688年英人奈端(牛顿)发明重力相引，游星公转互引皆由吸拒力，自是天文发明而有所人焉。奈端之功配享哥白尼，故吾最敬哥、奈二子。"他肯定了哥白尼理论的正确，并推崇了牛顿的贡献。他也介绍了康德及拉普拉斯的关于天体演化的"星云假说"，书中介绍："德之韩图(康德)、法之立拉士(拉普拉斯)发星云之说，谓各天体创成之前，是朦胧之瓦斯体(气体)，浮游于宇宙之间，其分子互相引集，是谓星云，实则瓦斯之一大块也。始如土星然，成中心体，其外有环状体，互相旋转。后为分离，各成其部，为无

数之小球体，今之恒星是也。我之太阳系亦然。当初星云之瓦斯块，自西回转于东，其星云渐至冷却，诸球分离自转，遂为游星。其中者太阳。其周围有数多之环，因远心力而分离旋转，其环则成卫星。故凡诸星之成，始属瓦斯块，地球之始亦然。最初高度之热瓦斯体逐渐冷却而成液体，更冷则表面结成为固体。其旋转之方向仍以太阳为母体，依旧自西转东。此是韩图与立拉士之星云说，或谓霞云说。”在康有为晚年，修改《诸天讲》时，又加上 20 世纪初的天体演化的假说。如张伯伦和摩尔顿的“星子假说”以及乔治·达尔文的月亮起源的“潮汐假说”。“星子假说”认为：太阳系的生成，是由于外来恒星曾一度接近太阳，由于吸力，从太阳表面吸出大量气体，以后气体形成圆盘形气环，冷却成液体，再冷却成固体，从而凝聚为行星。月亮起源的“潮汐假说”认为：地球处在液体时，由于迅速自转，赤道部分突起，以后分离出一部分，成为月亮。康有为在书中还介绍了恒星的光谱型，且提到太阳不在银河系的中心。当时也知道了有河外星系的存在。

康有为接受了康德（Immanuel Kant，1724—1804）、朗伯尔的宇宙无限的思想。书中介绍了星团、星团组成星系、由星系组成星系团，由此再往上，可达无限。宇宙在空间上是无限的。

康有为之后，著名学者严复系统地介绍了西方的科学思想。先后翻译了西方哲学及社会科学名著。其中赫胥黎（Thomas Hewy Huxley，1825—1895）的《天演论》对中国的文化运动影响深刻。严复在译《天演论》时，提出了“天运”的概念，即以物质的运行来代替“天”。他认为：“大宇之内，质力相推，非质无以见力，非力无以呈质。”意即宇宙之间，物质和力互相作用，没有物质，力就显现不出来，没有运动，也显现不出物质。

严复也接受了哥白尼的“日心说”，且对宇宙有了新的认识，认为宇宙中的物质是不增不减的，即物质守恒。

戊戌变法的著名人物谭嗣同，接受了西方自然科学知识，阐发了关于宇宙的无限性的论述。他认为：“遍法界，虚空界，众生界，有至大至精微，无所不胶粘，不贯洽，不莞络，而充满之一物焉。目不得而色，耳不得而声，口不得而臭味，无以名之，名之曰‘以太’。其显于用也，为浪，为力，为质点，为脑气。法界由是生，虚空由是立，众生由是出。无形焉，而为万物之所丽。无心焉，而为万物之所感。精而言之，夫亦曰：仁而已矣。”

谭嗣同把西方的观点与中国古代哲学中的“气”结合，对宇宙的无限性亦有所论述。他说：“合八行星与所绕之月，与小行星、与彗星，绕日而疾旋，互相吸引不散去，是为一世界。此一世界之日，统行星与月，绕昴星（当时认为昴星是银河系的中心）而疾旋。凡得恒河沙数，成天河之星团，互相吸引不散去，是为一大世界。此一



大世界之昴星，绕日与行星与月，以至于天河之星团，互相吸引不散去，是为一大千世界。此一大千世界之昴星，统日与行星与月，以至于天河之星团，又别有所线而疾旋。凡得恒河沙数各星团、星林、星云、星气，互相吸引不散去，是为一世界海。恒河沙数世界海为世界性。恒河沙数世界性为一世界种。恒河沙数世界种为一华藏世界。华藏世界以上，始足为一元。而元之数，则算不能稽，而终无已时。”这是指宇宙在空间上的无限性。宇宙在时间上也是无限的，但每一具体事物都是有始有终的。他说：“天无始，天无终。无始则过去断，无终则未来断。”又说：“有成有毁，地与万物共之，其故则地亦天中之一物，既成乎物而有形矣，无无毁者也。”意思是说，地球是要消亡的，因为它是宇宙中的具体物体，就应有发生、发展和消亡的过程。但消亡只是形态的消亡，物质本身并没有消亡，只是由一种形态转换为另一种形态。谭嗣同进一步指出，日、地在未生之前，是一团“浑沌磅礴之气”，逐渐凝结，成为另一种形态，“充塞固结而成质，质立而人，物生焉”，这观点和“星云说”是一致的。

章太炎(1869—1936)在接受西方天文学观点的基础上，结合我国古代宇宙论观点，写了《天论》一书，指出：“恒星皆日，日皆有地”，“地生于日”。虽然当时在中国还没观测到这种现象，但介绍的是一个客观的“天”。

孙中山先生也接受了西方天文学的“星云说”。他认为：“作者以为进化之时期有三，其一为物质进化之时期，其二为物种进化之时期，其三则为人类进化之时期。元始之时，太极动而生电子，电子凝而成元素，元素合成物质，物质聚而成地球；此世界进化之第一时期也。今太空之诸天体尚多在此期进化之中，而物质之进化，以成地球为目的。吾人之地球，其进化几何年代而始成，不可得而知也。”同时他又指出：“地球本来是气体，和太阳本是一体的。始初太阳和气体都是在空中，成一团星云，到太阳收缩的时候，分开许多气体，日久凝结成液体，再由液体固结成石头。”



孙中山先生的宇宙论观点，是接受了西方的宇宙论观点，同时把它融合在中国旧有的无神论观点之中，宣传了反天命观和改朝换代的合理思想。

纵观中国人天文学思想的变化过程，可以明显看出，西学东渐是引起这一变化重要的外部条件，肯定了西方传教士所起的历史作用。欧洲天文学传入中国以后，几经波折，经过多次较量，才站稳脚跟。随后又被纳入为皇家服务的旧轨道上，缓慢地发生着影响。哥白尼学说的革命力量和中国向半封建半殖民地的转化，再一次加速中国天文学思想的转变过程，呼唤革命，呼唤中国的科学，中国天文学终于从“技艺”地位向科学地位转化，从“天人合一”向研究自然转化。还可以明显地看出：照搬西方的转化方式不合国情，死守国粹只会落后挨打，只有消化吸收后为我所用，才能使它成为促进社会进步的力量。

第三节　改变探测手段的历程

近代天文学是以望远镜为工具认识宇宙的，是以望远镜为基本仪器开展天文学研究的，只停留在裸眼观测水平，迈不上近代天文学的台阶。

最早向中国人介绍望远镜知识的是汤若望，他大约在1626年撰写了《远镜说》，并于1629年刊印成书。全书除自序外分四个部分：①在仰视和平视条件下望远镜的使用；②构成望远镜的镜片的用途；③光学原理；④望远镜的制造、使用和保养。书中提到月面凹凸不平。

另一本由传教士阳玛诺写的书《天问略》初刻于1615年。该书第一次向中国介绍了伽利略使用望远镜观测到的新成果，距离伽利略的观测时间仅6年。书中介绍了木星的四颗卫星，银河是由密集的恒星所组成，金星也有圆缺的位相变化等知识。

1634年完成的《崇祯历书》，其法器部分收入了有关望远镜的知识，也介绍了伽利略用望远镜探测到的新成果。但是直到18世纪中叶，清观象台安装的最后一台天文仪器——玑衡抚辰仪，仍然是古典仪器。并且终清一代，在皇家观象台上始终没有考虑过安装望远镜。

其实望远镜进入中国的时间并不很晚，1623年初，汤若望到达北京，在天主堂展出了他随金尼阁从欧洲带入中国的一些仪器，其中就有望远镜，距望远镜用于天文观测，不过十四五年。据《帝京景物略》[①]一书介绍："远镜，状如尺许竹笋，抽而出，出五尺许，节节玻璃，眼光过此，则视小大，视远近。"

中国人制造望远镜的记载可见于《启祯野乘》，书中说嘉兴生薄珏，"每置一炮，即设千里镜，以侦贼之远近"，抵御1631年间"流寇"对安庆的侵犯。但明清时期鲜有中国人用望远镜做天文研究的记载。

中国有了优良天文望远镜从事天文观测，是1900年上海佘山天文台有了40cm双筒赤道仪后的事，但它们是属于法帝国主义的。直到辛亥革命后，于1934年建成南京紫金山天文台，中国才算真正有了自己的天文望远镜。由知道有望远镜到拥有了自己的望远镜，经历了300年的时间。

第四节　社会变革与近代天文学

近代天文学从思想上说，必须以把天文学看作科学为条件；从形式上说，是以

---

① 《帝京景物略》刊印于1635年。



建立有优良望远镜的大型天文台和有能力开展天文学研究为条件的。清代末期，人们的天文学观念发生了根本的变化，天文学的科学地位逐渐为人们所认识，但腐朽的清政府并未转变观念，皇家观象台依然故我，没有丝毫变化。1900年八国联军攻入北京的时候，欧洲人从观象台上看到的是价值连城的古董，联军司令瓦德西说："这些天文仪器有极高的艺术价值，它们的造型和各台仪器上的龙形装饰都极为完美。"[①]德、法两国竟将这些仪器瓜分。显然清政府不能把中国天文学推上近代天文学的台阶。

1840年爆发的鸦片战争，使我们这个东方文明古国出现了数千年未有的变局，中华文明与西方文明强烈冲撞开始，容不得缓慢变化，野蛮的殖民侵略威胁着民族的生存。1842年中英《南京条约》签订，1858年中国与英、法、美、俄四国签订《天津条约》，1859年中英、中法《北京条约》签订，1858年中俄《瑷珲条约》签订等，一系列不平等条约的签订将中国推向半封建半殖民地社会。

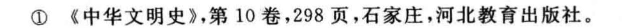
帝国主义列强为了长期维护他们在华的利益和进一步使中国殖民地化，从19世纪后期开始，陆续在中国修建了近代天文台。最早的是1877年由法国天主教会在上海徐家汇建立的天文台，开始以收集中国沿海气象情报为主要任务，随后增设了天文测时仪器，开始了授时服务工作，为其舰船航行提供方便。这是中国土地上第一个从事近代天体测量部分工作的近代天文台。

1894年，日本在台北建立测候所，正是甲午战争爆发的年代，"司马昭之心，路人皆知"。1911年它也仿效法国人，在测候所内增设了天文测时仪器，开展天文测时工作。

1900年，法国天主教会又在上海松江县风景优美的佘山修建了佘山天文台，这是中国土地上第一个拥有口径40cm天体照相仪的天文台，即使与欧洲一些折射望远镜比，它也毫不逊色。

1898年德国人在青岛建立了海岸信号局，1900年局内设立气象天测所，所内安装有赤道仪和测时仪器，后改为青岛观象台。

中国土地上出现的这些具有近代天文学特征的台站，它们可以作为中国近代天文学诞生的标志，遗憾的是中国近代天文学诞生时的最大特点，是它具有殖民主义的性质，全部是帝国主义侵略的产物。直到中国资产阶级民主革命完成后，中国才有了自己的近现代天文台。中国近代天文学的诞生，竟和社会变革联系如此紧密。



① 《中华文明史》，第10卷，298页，石家庄，河北教育出版社。

第十章 传教士中的天文学家

在中西文化交流史上，16—17世纪初叶耶稣会传教士来华是一件很重大的历史事件。在此之前不久，欧洲进行了激烈的宗教改革运动，天主教为补偿在宗教改革中所丧失的教务和经济利益，开始了向欧洲以外地区扩展的运动，海上探险的成功更为耶稣会传教士来华准备了雄厚的物质基础和条件。毋庸置疑，这些传教士来华的主要目的是弘扬和传播天主教义，以使中国人信奉天主教，但由于中国特殊的历史和国情，传教士的这一政治图谋遭到了挫败，若仅从科学技术和文化交流本身来看，在中西方两大文明相互隔绝的情况下，传教士们起到了桥梁作用。他们与中国学者合作翻译、编写了大量欧洲学术著作，尤其是天文学著作，将欧洲的一些先进科学技术传入中国，给延绵了几千年的中国文化带来了新的营养和活力，同时这些传教士也在与中国学者的广泛接触和浩如烟海的大量古籍中汲取了中国传统文化的精华，通过书信往来等多种形式将这些珍贵史料传往欧洲，成为中西文化交流的使者，其历史功绩实不可灭。

第一节 利玛窦

利玛窦(Matteo Ricci)，字西泰，1552年10月6日出生于意大利中部马尔凯镇的马切拉塔城。16岁中学毕业后，入罗马大学攻读法律，在那里他与耶稣会士建立了广泛的联系，于1571年正式加入了耶稣会。1572年9月他转入耶稣会创办的罗马学院，学习哲学、神学、数学、天文学和地理学，他的指导教师就是16世纪著名的数学教授C·克拉维斯(Clavius)神父。1577年5月他被批准去印度传教，由于当时葡萄牙国王统治着所有去东方传教的特权，利玛窦只好取道热那亚去里斯本，翌年3月，从里斯本出发到达印度果阿。他已经在罗马学院修完神学课程，先到果阿修道院教授拉丁文和希腊文，后又奉命去交趾支那教书，在那里被正式晋升为神甫。

1582年4月，利玛窦奉远东教务视察员范礼安调遣去澳门传教，在此期间他主要致力于学习中国的语言文字和书法，了解中国的典章制度，风土人情，为以后深入到中国内地传教做准备。

1583年9月，利玛窦陪同罗明坚神甫由澳门前往广东肇庆。在这里他们广交



社会名流，基于中国当时特定的历史背景，他们闭口不谈传播天主教义，而是展示了许多从欧洲带来的三棱镜、日晷、自鸣钟以及他们自己用铜和铁制造的天球仪、地球仪等仪器，利玛窦还亲自动手教中国人制作诸如天球仪、星盘、象限仪、罗盘、日晷等仪器，其中尤以日晷最多。利玛窦等制作这些仪器一则用于展示，二则主要用于赠送给各地的士大夫和包括总督在内的各友好官员，意在扩大自己的影响，在《明史》中就有这样的记载："明神宗时，西洋人利玛窦等入中国，精于天文历算之学，发微阐奥，运算制器，前此未尝有也。"①"万历中，西洋人利玛窦制浑仪、天球、地球等器。"②

利玛窦不仅展示和制作天文仪器，而且还向人们宣讲亚里士多德的宇宙体系，他所依据的讲义就是利玛窦的老师克拉维斯于1561年撰写的《萨克罗博斯科天球论注释》，首次在中国较为系统地介绍水晶球理论，即地球处于宇宙的中心静止不动，土、水、气、火等四种元素物质环绕着地球，天共有九重，依次为月球、水星、金星、太阳、火星、木星、土星、恒星和宗动天，宗动天统率天球乃至宇宙。这种与中国传统宇宙学说截然不同的说法，引起了士大夫们的强烈兴趣。

在利玛窦展出的展品中有一张称为《万国舆图》的世界地图。在这张用欧洲文字标注的地图上，地球上的陆地被分为亚细亚、欧罗巴、利未亚、南北亚墨利加、墨瓦腊尼加等五大洲，陆地周围是广阔无垠的海洋，地球的南北极、赤道都清晰可见，一向被中国的先人们认为是居天下之中的中国，仅仅是世界五大洲中亚细亚洲的一个国家而已，这不能不使中国学者为之震惊。在知府王泮的建议下，利玛窦把这张地图放大，将欧洲文字译成中文，长度单位改用中国的"里"，同时为迎合中国人的心理，还将"中国"移至版图的正中位置，在图四周的注释中介绍了各个国家和地区的风土人情、自然风貌以及宗教信仰。除主图外还在四周增添了介绍天文学知识的九重天图、天地仪图、日月食图等副图，全图名称改为《山海舆地图》。这份肇庆版的世界地图于1584年刊印后，立刻风靡一时，各种刻版不断。1600年出南京版，名为《山海舆地全图》；1602年出北京版，名为《坤舆万国全图》；1603年在北京又出一个增订版，名为《两仪玄览图》。总之从明万历十二年(1584)至万历三十六年(1608)短短24年的时间里刻印或摹绘达12次之多，有些图还分别流传到澳门和日本等地，足见其影响之大。



1589年8月，利玛窦移居韶州。在此期间，他收下了来华后的第一位中国学生瞿太素，并将欧几里德(Euclid，约前330—前275年)的《几何原本》教授给他。瞿太素根据听课笔记译出了《几何原本》第一册，但并未刊刻。由于瞿太素缺乏自

① 《明史·天文志一》，339页。

② 《明史·天文志一》，359页。

然科学的基础知识，书中多处译法并不十分准确，于是公元1606年秋，在徐光启的提议下，由利玛窦口授，徐光启笔录，合作翻译完成了《几何原本》一至六卷。利玛窦之所以几次三番从翻译《几何原本》入手，是由于它是一部具有严谨数学逻辑、完整数学结构的科学著作。多年来一直被人们奉为西方科技的经典著作。利玛窦认为此书未译，则他书俱不可得。此外还有一个很重要的原因是利玛窦的指导教师克拉维斯撰写的《几何原本》15卷的拉丁文注释本，就是利玛窦在罗马学院学习时使用的教材，因此这次他与徐光启合作翻译《几何原本》前六卷可谓是轻车熟路了。事实上这六卷书的翻译确实为其后西法制历提供了必要的知识准备，对后来徐光启主持编撰《崇祯历书》产生过很大影响，一改中国古代一直以代数学体系为主的局面。后人对这六卷书的翻译亦曾有过颇高评价。利玛窦将西欧先进的数学成果传入中国，对于促进中国数学研究的发展和繁荣作出了积极贡献。

利玛窦还分别与中国学者李之藻、徐光启等合作翻译完成了《浑盖通宪图说》、《同文算指》、《乾坤体义》、《测量法义》、《测量异同》、《勾股义》、《经天该》等天文学和数学著作。《浑盖通宪图说》既用天文数学的方法解释了“周髀说”、“盖天说”、“浑天说”，介绍了黄道坐标体系、星等的概念，晨昏蒙影的定义，还阐述了星盘的结构、原理及使用方法，此书后被收入《天学初函》及守山阁丛书；《同文算指》的原本则为克拉维斯所著的《实用算术纲要》(即《应用算术》)，全书共十卷，前编二卷，后编八卷；《乾坤体义》共分为三卷，上卷包括天地浑仪说、浑象图说、四元行说；中卷包括有关地球大于月球、日球大于地球的论述；下卷为容较图义，主要论述和推证了在周长相等的情况下，任何多边形的面积都小于圆，即论述了比较图形关系几何学。全书的主要内容均取自克拉维斯所著的《〈天球论〉注释》。

利玛窦还多次观测了日食、月食，并且做出了准确预报。1595年，利玛窦在南昌时就成功地预报了一次日食，此次预报比钦天监预报的准确。后在北京地区又准确地预报了1601年1月15日日食、1601年12月9日月食、1602年7月4日日食，并利用这几次日食、月食的观测结果，测得了北京经度。

利玛窦来华后发现，与欧洲相比，一是中国皇家王朝十分重视天文学；二是明朝末年中国天文学已落后于西方，在这一背景下他断然致信罗马教廷，恳请教会派遣有天文专长的传教士来华，参与中国历法改革的大事，借以巩固传教士在中国的地位，从中我们不难看出利玛窦等传教士来华的真实目的，以及他在其中所起到的开创和奠基作用。

利玛窦不仅在西学东渐的过程中传播了天文学、数学、地理学方面的知识，对推动中国科学技术的发展有所贡献，而且还积极地向欧洲人介绍中国的科技成果。他最早向欧洲人肯定了马可·波罗所说的“契丹”就是中国的别名。从明万历十九



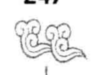
年(1591)起,用近四年的时间将《四书》译成拉丁文,寄往欧洲。还与传教士罗明坚合作,编写了一部葡华大字典。更值得一提的是他将自己在中国的所见所闻用意大利语汇集成一本具有较高史料价值的《中国札记》(*Commentari della china*),后由法国传教士金尼阁带回欧洲。金氏在归途中将其手稿加工润色,增添部分内容后,译成拉丁文,1615 年在德国首次出版,书名定为《耶稣会士利玛窦神甫的基督远征史——会务记录》。此后该书又被译为多种文字,现有中译本《利玛窦中国札记》,共记 25 万余字。此书在政治、经济、文化、宗教乃至民俗风情等多方面均有独到见解和描绘。此外,利玛窦还撰写了《天主实义》、《二十五言》、《天主教要》、《畸人十篇》和《辩学遗牍》等一批宗教读物。

总之,利玛窦作为西学东渐第一人,其贡献和历史地位应予以肯定。1610 年 5 月 11 日利玛窦在北京逝世,终年 58 岁。万历皇帝下旨赠与墓地,在平则门(今阜成门)外二里沟栅栏寺安葬。利玛窦成为第一位准许在中国下葬的外国人,得此殊荣,实为他为中西文化交流,特别是天文学领域所作出的积极贡献的一个明证。

第二节　熊三拔

熊三拔(Sabbathinus Ursis),字有纲,意大利人,1575 年出生于意大利利希城(Lecce)一名门望族。青少年时期入罗马学院学习神学及其他基础科学。晋升神甫后,于 1606 年与郭居静神甫一同来华传教。到北京后跟随利玛窦潜心精研中国语言。

时值 1610 年 11 月朔,钦天监官员预推的日食食分、方位、时刻均有误差,朝廷曾决定修订历法,此时利玛窦已经去世,礼部特聘请精通历学的熊三拔和庞迪我参与修历,此次修历工作时间较短,且不甚成功。在这一段时间里,熊三拔先与中国学者徐光启和李之藻等合作翻译了数种有关行星运动学说的书籍,后又将欧洲、印度以及中国推算日食的结果分门别类进行了比较和研究,测定了北京地区的地理纬度以及广州至北京等地的纬度。不仅如此,他还亲自动手制作了一个专门用来测量太阳位置的仪器——简平仪,这架仪器的原理与星盘十分相像,既可用于测定太阳的赤经、赤纬,亦可确定时刻。为使人们能更好地了解这架仪器的性能和用途,他还特意撰写了《简平仪说》一书,书中提及了大地为球形的新概念。徐光启将此书译成中文,于 1611 年在北京刊印。后李之藻将其收入《天学初函》,《四库全书》亦将其收入子部天文算法类。熊三拔还与周子愚、卓尔康合作撰写了《表度说》一卷,主要内容为介绍日晷的原理和制作,根据天文学原理阐明了立表测日影以定时刻的简捷方法,此书亦收入《四库全书》及《天学初函》之中。由于此次改历运动



并未进行下去，熊三拔遂转从实业，研究水法，并大获成功。

利玛窦早在生前就曾多次对徐光启提及西方水利工程的技术情况及其一些有关的基础知识，并向徐光启推荐熊三拔是这方面的专家，交待说今后如遇水利方面的问题可向他请教，等等。后徐光启请熊三拔讲授西方水利知识，提出愿意与他合作翻译西方水利著作。当时熊三拔出于传教士内部分歧的原因，对此曾有所顾虑。因当时利玛窦去世后，龙华民继而取代了利氏的领导地位，他并不主张像利玛窦那样走科技传教的道路。熊三拔可能担心他这样著书立说会被其他传教士视为是不务正业。徐光启极力劝说他“备物致用，立成器，以为天下利，莫大乎圣人”[①]，并认为这是“以此竟利先生之志也”[②]。在这种情况下，熊三拔勉强同意了徐光启的请求，答应共同翻译《泰西水法》六卷，该书于公元1612年译成，并付之刊印。这部书汲取了欧洲水利工程学的精华，可称为是一部在中国首次介绍西洋农田水利技术的专著。前四卷主要讲述了取水蓄水的方法，第五卷讲述了水质水理，第六卷则为有关器具的附图说明，全书共计2万余字，通篇条理清晰，逻辑性强。后徐光启在他所著的《农政全书》水利部分，完全采用了《泰西水法》。《农政全书》共计六十卷，1742年改称为《授时通考》，以七十八卷刊行于世，影响极广。

1616年，“南京教案”事发，熊三拔与其他传教士被押解至澳门，在传教工作之余，他还为教士讲授哲学、汉语，介绍一些有关中国的书籍等，1620年病逝于澳门，年仅45岁。

熊三拔的传教生涯与其他传教士相比可谓短暂，但在来华的这段时间里，他还是为促进中国科学技术的发展贡献了力量，尤其是在天文历法、仪器制造及水利等方面均有建树。



第三节　阳玛诺

阳玛诺(Emmanuel Diaz)字演西，葡萄牙人，出生于1574年。1592年加入耶稣会，1601年赴卧亚攻读神学、哲学与自然科学等课程。毕业后，前往澳门教授神学达6年之久。1610年，也就是在利玛窦逝世的当年来华传教。1611年阳玛诺奉命与费奇观神甫一道赴韶州传教。开始时工作进展较为顺利，取得了一定的成功，后因僧侣等人的抵制和反对，被迫退居南雄。

1614—1615年间，阳玛诺被任命为中国、日本两大教区的教务视察员，在此期间做了大量的工作。身为视察员，他有条件较为迅速地了解来自欧洲的最新信息

① ②《徐光启集》，68—69页，上海，上海古籍出版社。



和科学成果。1610年伽利略发表了他的著名论著《星际使者》，阐述了望远镜发明以来天文学的最新成果，仅仅5年之后的1615年，阳玛诺就对此作了详细的介绍，撰写了专著《天问略》。该书首先介绍了亚里士多德—托勒密的十二重天学说，开篇即称："十二重天其形皆圆，各安本所，各层相包如裹葱头，日月五星列宿在其体内，如木节在板一定不移，各因本天之动而动。"在书的后半部分则以问答的体例，逐条介绍了伽利略望远镜发明以来，天文学的最新观测成果，如木星的四颗卫星、金星的盈亏、太阳黑子、太阳自转及星团和银河系的星体结构等，解释了月亮圆缺和交食变化的原因，还对太阳在黄道上的运动、节气的产生、昼夜的长短等问题，逐一做了阐述。通篇学术气氛浓重，是一部最早向中国人宣讲这些天文学原理和最新成果以及光学望远镜的著作。这部书刊印后又先后被收入《四库全书》子部天文算法类以及《天学初函》中。此外阳玛诺还编撰了《天学举要》和《舆图汇集》两本学术著作。

"学术传教"的道路充满了荆棘，1616年"南京教案"发生，阳玛诺同其他传教士一道被驱往澳门，不许留居内地。直到1621年才被召入北京，寄居在徐光启的郊外别墅中，此次奉诏进京的直接原因是由于边关战事紧急，朝廷想请传教士制造枪炮，但阳玛诺等婉言回绝了朝廷的要求。由于当时明廷还有意求助于澳门派遣葡萄牙人前来助战，故而批准这些传教士在京自由传教。

在此后漫长的时间里，阳玛诺将其主要精力放在宗教事务上，1623年罗如望神甫去世，阳玛诺被任命为耶稣会中国省区副区长。之后不久中国省区与日本省区分离，各自为政，均直接隶属于罗马总会，阳玛诺即为中国省区区长。1626年，他与黎宁石神甫同驻南京，由于不为当局所容，翌年避居松江，松江不成又退居上海，在徐光启家中避难，后又移至杭州杨廷筠家中。1638年前往福州，一年后返回宁波，后因新入境的传教士引起争端又被迫退居澳门。1648年阳玛诺赴延平传教，此后潜心编撰宗教著述，后重新被任命为巡阅教区的教务视察员，1659年3月1日在杭州去世，葬于武林门外西郊桃源岭大方井耶稣会神甫公墓。



阳玛诺是所有来华传教士中最为长寿者，终年85岁，在中国就度过了将近半个世纪的时光。无论是在学术研究、著书立说上，还是在传播天主教义上，其贡献都是多方面的。在学术上最为突出的代表作就是《天问略》。他编撰的大量宗教书籍中较为著名的有《轻世金书》、《圣经直解》、《天主圣教十诫直诠》、《景教碑诠》、《代疑论》等。

追寻阳玛诺在华传教近50年的足迹，从中我们亦可窥见在这一历史时期内中国所发生的一些重大事件以及朝廷在不同时间内对传教士的不同态度，对于阳玛诺在以"学术传教"为旗帜下所做的工作有一概观的了解。

第四节 邓玉函

邓玉函(JeanTerrenz),字函璞,瑞士人,1576年出生于德国康斯坦茨(今属瑞士)。他在青少年时代受到了十分正规的科学训练,具有广博的知识,通晓希伯莱、拉丁、希腊、德、英、法、葡等多种文字,早年以医学、博物学、数学、天文学和哲学的造诣而闻名于德国。1603年意大利的切西公爵(Marchese cesi)在罗马创建了著名的灵采研究院(又称山猫学会),第二年邓玉函就加入了该院,并继伽利略(Galileo)之后成为该院的第七名院士,灵采研究院的成员都是当代第一流的科学家,在这里邓玉函与他们建立了广泛的联系。

1613年初,金尼阁神甫奉教皇之命返欧募集捐款和大量的图书,物色具有特殊专长的人才。由于金尼阁的科学素养有限,在精选科学书籍方面邓玉函起到了很大作用。在金尼阁所携带来华的7000余部图书中包括哥白尼的《天体运行论》、开普勒的《哥白尼天文学概要》以及伽利略的一些科学著作,这些都与邓氏不无关系。

1618年4月16日,邓玉函随金尼阁神甫从里斯本登舟启航。此次航行遭到海浪、瘟疫的袭击,同船的22名传教士,抵达澳门时只剩下了8位。邓玉函也曾因疾病险些丧生于途中。但即便在这种艰险的环境和条件下,他们仍力所能及地从事科学工作。启航之初仍举行有规律的学术活动,每天下午安排1小时的学习时间,每周二、五由邓玉函讲授数学课程,每周三、六由金尼阁讲授中文。此外邓玉函还与汤若望、罗雅谷等在航海途中一起观测天象、风向、海流及磁针指向,确定航船及船上所见海岸和岛屿的位置,并把这些研究成果及时通报给欧洲学术界。

邓玉函还在航船途经卧亚、榜葛剌、满剌加、苏门答剌及越南沿岸等地时,进行博物学的研究,采集当地的异种动物、植物、矿石、鱼类、爬虫、昆虫等标本,并亲自将这些标本的形状绘画出来。后草成书籍两册,其中含有邓氏对中国本草的研究。

邓玉函在医学方面亦有相当造诣,后人刘侗、于奕正等研究证实邓玉函曾对中国的草药进行过化学蒸馏提取的实验,即用西洋方法来研究中药学,遗憾的是他未能将这些实验整理成书。

1619年7月22日邓玉函到达澳门后因病在那里停滞了一年多的时间。此间他曾挂牌行医,解剖了一具日本神甫的尸体,开西方医学家在中国进行病理解剖的先例。这在一直崇尚中医的中国,其震动和影响是可以想见的。

1621年邓玉函进入中国内地嘉定,随即又到杭州避难,此间他撰译完成了《人身说概》(又称《泰西人身说概》)一书,共分上、下两卷,15个部分,涉及人体的骨、



肉、筋、皮、脉、血以及神经系统和行为语言等，是一部在中国最早介绍西方生理学、解剖学知识的书籍。该书译成后，并无刊本，后经毕洪辰为之润色，于 1634 年刊印。

1623 年末邓玉函到达北京，1626 年他与王征合作编译了《远西奇器图说录最》三卷，于次年 2 月在北京刊行。这是一部首次在中国系统地汇总和介绍西方力学和机械工程知识的学术著作，具有重要的史料价值。邓玉函在卷一中指出："今时巧人之最能明万器所以然之理者，一名未多，一名西门。又有绘图刻传者，一名耕田，一名刺墨里，此皆力艺学中传授之人也。"即这部书的内容部分地取材于古罗马建筑师维特鲁威(Pollio Vitruvius，译未多)、比利时人西蒙·史特芬(Simon Stevin 译西门)、德国科学家阿格里科拉(Georgius Agricola，译耕田)等人的论著以及伽利略论述力学原理的专著等。通篇结构严谨，原理明确，概念清晰，实为一部具有很强科学性的论著。该书刊印后，广为流传，至今仍有范本留存。

由于邓玉函的博学多能，在华声誉与日俱增，徐光启在受命组织历局、大规模译书采用西法制历时首先便想到了他，经徐光启奏请，1629 年 9 月明廷诏邓玉函、龙华民等传教士协助修历。对于参与修改历法的工作邓玉函早有各方面的准备，可以说邓玉函来华的主要目的之一就是要在制定历法方面大显身手的。早在来华之前的 1616 年 5 月 18 日，他就曾在米朗记道：我希望在起程赴中国之前，伽利略能告诉我推测日食、月食的新方法，因为他的方法比第谷(Tycho)的方法为精。……希望他至少能预告我一二次未来的日食、月食，我可以考验他和第谷推算方法的准确性究竟相去多少。此后不久他又恳请法倍尔设法搜集伽利略及其他学者的新作，表达了他渴望尽可能多地了解欧洲最新科学成果的心情。在金尼阁返欧期间，邓玉函曾与他多次会晤开普勒，以便了解他的研究成果。来华之后的 1622 年 4 月，邓玉函又在嘉定给法倍尔寄去长函，信中说："我诚恳祝祷他(伽利略)新法推算日食、月食成功，日食尤为重要。我们在中国修历，对日食的推算最感需要。因靠修历名义，便不致被驱逐出境。"这里一针见血地道出了邓玉函等传教士之所以如此积极参与中国明末改历的真实目的。法倍尔应邓玉函之请极力奔走。1624 年他曾三次写信给切西公爵，希望他能敦促伽利略助邓玉函一臂之力。他本人也曾亲自会晤伽利略，商讨如何帮助邓玉函观测、预报日食的事宜，但这一切努力均未收到任何结果。

从伽利略处未获得任何结果，邓玉函又转求于他人。1623 年在从杭州去北京，路经常州的途中，他曾寄信给耶稣会的数学家，托他们把开普勒和伽利略的新著寄来。为防止遗失还建议他们从不同的路线同时寄出多份。1630 年 1 月开普勒发出短简，郑重地表示要协助邓玉函预报日食。遗憾的是邓玉函于这年的 5 月

就病逝了。法国传教士宋君荣(AntoniusGallbil)所著的《中国纪年》中指出:邓玉函曾将《尚书·尧典》中关于星座的记录,函寄给开普勒,足见他们之间交往的密切。如果不是由于邓玉函的去世,可以预见他们之间的合作一定会取得成果。

在历局成立之初,邓玉函参与了《崇祯历书》总体框架的设计工作。他本人完成了《测天约说》二卷、《大测》二卷、《正球升度表》一卷、《黄赤距度表)一卷、《浑盖通宪图说》三卷及《各类换算表》十卷的编撰工作,同时还指导历局其他人员监制了七政象限大仪两座,测星纪限大仪一座。从 1629 年 9 月正式入历局修历,到 1630 年 5 月 11 日病逝,在短短半年多的时间里,就取得如此丰硕的成果,这与前面我们所提及的邓玉函早在来华之前以及来华之后为采用西法制历所做的充分准备和种种努力是密切相关的。正是因为他高度重视这一工作,且充分利用他与欧洲学术界的广泛联系,不遗余力地多方寻觅资料线索,才取得了这样的成就。无怪乎徐光启在给崇祯皇帝的奏章中指出:"此臣(邓玉函)历学专门,精深博洽,臣等深所倚仗,勿兹倾逝,向后绪业甚长,止藉(龙)华民一臣,又有本等道业,深惧无以早完报命。"[①]邓玉函在历局中所处地位之重要于此可见一斑。

邓玉函于1630年5月11日病逝于北京,终年55岁,死后葬于阜成门外利玛窦墓之旁。

第五节 罗雅谷

罗雅谷(P. Jacobus Rho),字味韶,意大利人,出生于1590年。1617年晋升为神甫,1618年4月16日随金尼阁神甫在里斯本登舟起程,前往中国,经过数度风险之后于1619年7月抵达澳门。在澳门停滞几年之后,随高一志(又名王丰肃)神甫赴山西传教,后又辗转于绛州、陕西、河南开封等地。1625年在陕西期间,他曾在金尼阁和高一志两位神甫的帮助下,将《大秦景教流行中国碑》的碑文译成拉丁文,寄往欧洲。此碑为研究基督教在中国传播史和古代中西交通史的珍贵文物,价值极高。



1630年8月他奉诏赴北京,与汤若望等一起在历局供职,参与徐光启主持的修历译书的重大活动。从徐光启《治历已有成模恳祈恩叙疏》中,我们可以窥见他们在历局紧张工作的程度和情景:"远臣罗雅谷、汤若望等,撰译书表,制造仪器,算测交食躔度,讲教监(钦天监)局(历局)官生,数年呕心沥血,几于颖秃唇焦,功应首叙。"[②]可见在《崇祯历书》的编撰过程中,罗雅谷起到了相当重要的作用。据史料

① 《徐光启集》,344 页,上海,上海古籍出版社。

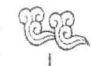
② 《徐光启集》,427 页,上海,上海古籍出版社。



记载，他主要负责行星、日躔、月离等部分的翻译和编撰工作，分别著有《五纬历指》九卷、《月离历指》四卷、《日躔历指》一卷、《历引》一卷、《月离表》四卷、《日躔表》二卷、《五纬表》十一卷等重要天文著作。其中《五纬历指》是《崇祯历书》的重要组成部分，它主要引自于伽利略的《星际使者》一书，书中就宇宙论这一问题进行了较为详细的讨论，托勒密的偏心圆与本轮—均轮体系，哥白尼日心体系、第谷·布拉赫的本轮体系以及第谷与哥白尼总法这四种宇宙体系均在《五纬历指》中用图示的方法有清晰的体现。尤其在《五纬历指》卷五中，对金星运动的描绘更是细致入微，依据金星位相的变化阐明第谷体系的原理，表明了罗雅谷等人所持的立场和态度。在《五纬历指》卷一“总论”中，罗雅谷以对话的方式介绍了“日心说”和“地心说”两种对立的观点。在《五纬历指》卷八“论五星光色引”中，特别标出了“加利娄曰”的字样，这是在我国书籍中对伽利略译名的最早记载。此外罗雅谷还在该书中评价了望远镜所带来的积极作用，指出：望远镜打破了肉眼的界限，扩大了人类的能力，它的出现给天文界带来了新的发现，并取得了很大进展。

在《月离历指》中，罗雅谷详细描述了月面的观测情况，并采用定量的理论计算论述了月亮的运行规律及月亮纬度的运行理论。总之，在《崇祯历书》编撰过程中，罗雅谷等坚持采用第谷·布拉赫的观测理论，缜密地选择高精度的西洋天文学成果，在当时的历史条件下，不能不称为是一种明智的选择。

罗雅谷还翻译了《测量全义》十卷。在这部著作里不仅介绍了第谷·布拉赫为自己进行观测所准备的仪器，还介绍了测量所依据的几何理论。更重要的是，他在这部书中最早向中国介绍了对数运算这一新型工具，在数表计算中应用对数和对数表，将英国数学家耐普尔花费 20 余年潜心钻研的对数研究成果应用于实践，这不能不说是对中西数学交流史的一大贡献。

此外，罗雅谷还于 1631 年撰写了《比例规解》一卷，后被收入《崇祯历书》中。文中详细介绍了比例规以精确的比例放大或缩小绘制地图的方法，进一步提高了人们的使用效率。此书完全取自于伽利略所作的《比例规使用法》一书。

总之，罗雅谷在学术上多有建树，造诣颇深，在他来中国的近 20 年时间里，尤其是参加历局译书的后 8 年里，他在介绍西方天文学理论和计算方法上作出了积极的贡献。除学术方面的工作外，罗雅谷还做了许多传播天主教义的工作。在绛州、北京等地分别撰写了宗教方面的书籍数种，计有《哀矜行诠》三卷、《圣记百言》一卷、《圣母经解》、《圣母行实》、《天主经解》，等等。

罗雅谷于 1638 年 4 月 16 日病逝于北京。

第六节　汤若望

汤若望(Johann Adam Schall von Bell),全译为约翰·亚当·沙尔·冯·贝尔,1592年5月1日出生于德国科隆一个信奉天主教的世袭贵族家庭。1611年10月21日加入耶稣会,1613年10月进入宗教与学术研究空气浓厚的罗马学院研读神学及数学、天文学,历时4年之久,1617年晋升为神甫。他与伽利略、邓玉函和罗雅谷等都同为当时久负盛名的罗马灵采研究院院士。

在罗马学院学习期间,东方特别是中国频频传来的信息、利玛窦等先行者在中国取得的斐然成绩,使他决然向耶稣会总会会长提出了去中国传教的正式请求,很快获得了批准。

1618年4月16日,汤若望跟随金尼阁神甫从里斯本启航,踏上了驶往中国的艰难航程。历尽艰险之后于1619年7月抵达澳门,先随意大利传教士王丰肃学习汉语。这一时期的学习,为他以后赴中国内地传教做了充分必要的准备。

1622年,他与龙华民神甫辗转广东、江西、浙江等地,于1623年1月25日到达北京。此次进京时间虽然短暂,却亦小有成效。他把从欧洲带来的大量图书中有关天文数理方面的书籍,列出目录进呈给朝廷,而且成功地预测了3次日食。

1626年汤若望在中国学者李祖白的协助下,完成了《远镜说》一文的撰写工作,它是根据1616年德国法兰克福出版的塞都利著作改编而成的,全书共分上、下两卷,对伽利略望远镜的制作原理、功能结构和使用方法都做了详细说明,通篇条理清晰,浅显易懂,图文并茂,是中国出版最早的一部介绍西方光学理论和望远镜制造技术的启蒙著作。该书后被收入《崇祯历书》中。



明朝末年传统天文学开始逐渐走下坡路,当时行用的《大统历》实际上只是元代《授时历》的改名而已。由于年久失修,误差渐大,钦天监所报预测屡屡失验。万历三十八年十一月壬寅朔(1610年12月15日)日食,钦天监预报错误显著;崇祯二年五月乙酉朔(1629年6月21日)预报又错,于是崇祯皇帝接受礼部建议,授权徐光启组织历局,进行改历。在徐光启"欲求超胜,必须会通;会通之前,必须翻译"的指导方针下,历局启用了一批传教士。先是聘请在学术上颇有造诣、卓有成效的邓玉函、龙华民参与改历。但邓玉函到历局任职后不久就因病去世了,于是1630年正当年富力强的汤若望奉诏从陕西调到北京进历局任职,担当起翻译西书的重担。在徐光启、邓玉函、龙华民、汤若望及罗雅谷等人的共同努力下,编纂了拥有一百三十七卷的长篇巨著《崇祯历书》,其中包括欧洲古典天文学理论(法原)、天文仪器(法器)、天文学计算中所必需的数学知识和计算方法(法算)、中西度量单位换算表



(会通)以及天文表的编算和使用方法(法数)等基本五目,又分日躔、恒星、月离、日月交会、五纬星、五星交会等节次六目。《崇祯历书》的编纂是中国传统天文学吸收融合欧洲古典几何学的一个重要标志。该书中由汤若望亲自撰写、编译的有:《交食历指》七卷、《交食历表》二卷、《交食诸表用法》二卷、《交食蒙求》一卷、《古今交食考》一卷、《恒星出没表》二卷以及《恒星屏障》等。由汤若望指导历局中其他人编译的有《交食简法表》二卷、《木土加减表》二卷、《黄平象限表》七卷、《诸方晨昏分表》一卷、《诸方半度分表》一卷、《南北高弧表》十二卷、《方根表》二卷、《高弧表》五卷、《五纬诸表》九卷、《甲戌乙亥日躔细行》二卷,共计 43 卷。足见汤若望在《崇祯历书》编纂中起到的重要作用。

明朝末年,清兵攻陷锦州,直逼北京,明朝统治摇摇欲坠,在此兵事日急之际,朝廷下谕令汤若望铸造大炮。造炮伊始,汤若望负责设计和组织工作,由大小太监充当工匠,经过反复实验,在很短的时间里就造出了重达千余斤可装重 40 磅炮弹、轻至数百斤的 20 尊战炮,一举试放成功,获得了明廷朝野的一致赞誉。崇祯皇帝"派大臣验收,嘉其坚利,诏再铸 500 门"。于是汤若望又奉诏制造了 500 门可由士卒背负或役兵驮运的小型轻便战炮。这些战炮在明军抵御清兵的战事中是否起到了作用,史书无明确记载,但汤若望不仅具体参与指导造炮,而且把这些实际技术总结出来,将它与欧洲火铳的制造方法与火攻军事策略汇集成册却是事实。

1643 年由汤若望口授,焦勖笔述合作编著了《火攻挈要》一书,又名《则克录》。该书全面介绍了西方 16 世纪有关火炮的制造技术与使用方法,对明末中国火器技术和机械制造技术的发展做了技术总结。全书共分上、中、下三卷,约 4 万余字,书中附有 40 幅"火攻挈要诸器图"。上卷叙述了制造火器的方法,其中包括造铳、造弹、造铳车、狼机、鸟枪、火箭、喷筒、火罐、地画;中卷讲述了试放新铳、装置各铳及火攻的基本原理;下卷叙述了火攻秘要、铸铳应防的诸种弊端以及守城、海战、炮战的原则。

汤若望在历局期间,为开采矿藏,以裕国储,还与李天经合作翻译编写了德国矿冶学家阿格里科拉(Georgius Agricola)于 1550 年撰写的论述 16 世纪欧洲开采冶金技术的巨著《矿冶全书》(*Dere Metallica Libri* Ⅻ),中译本定名为《坤舆格致》。全书共分四卷,一至三卷论述采矿,第四卷论述冶金。书成后汤若望进呈给朝廷,由于朝中众臣对采矿各持不同见解,众说纷纭,崇祯皇帝犹豫不决,刊印之事拖了下来。后虽皇帝"御批":"发下《坤舆格致》全书,着地方官相酌地形,便宜采取。"但因战事紧急,明廷迅速崩溃,更无暇过问《坤舆格致》的命运。后该书在明清之际纷繁的战事中佚失了。

1644 年可谓是中国历史上动荡的一年,先是李自成率农民起义军攻陷北京,

崇祯皇帝自缢身亡，此后不久清军入关，明王朝灭亡。清兵入北京城之初，摄政王多尔衮限令城内居民三日内迁往城外，城内房屋供八旗兵居住。汤若望则上疏陈述自己难以搬迁的理由："……曾奉前朝故帝，令修历法，著有历书多帙，付工镌板，尚未完竣，而板片已堆积垒垒，并堂中供像礼器，使教所用经典，修历应用书籍，并测量天象各种仪器，由西洋带来者居多，倘一损坏，修整既非容易，购办又非可随时寄来。特为沥清具摺，恳请皇上恩赐……"奏章写得言辞恳切，理由充分，清廷立即颁旨允许汤若望等安居天主教堂，内存的天文仪器和已刻的《崇祯历书》书版得以保存，完好无损。

清朝政权建立伊始，急需制历人才。汤若望适时地进献了新制舆地屏图、浑天仪、地平晷以及望远镜等仪器，又用西洋新法准确地预测了清顺治元年(1644)农历八月初一丙辰日食、初亏、食甚、复圆的时刻，而采用回回历和大统历方法预算的数值均不准确。1644 年 11 月清廷颁布了由汤若望制定的顺治二年新历书，多尔衮将其定名为"时宪历"，取"宪天又民"之意，历书上印有"依西洋新法"的字样。同年 12 月 23 日，汤若望被委以钦天监监正的重任，诏曰"所属该监官员，嗣后一切进历、占候、选择等项，悉听掌印官举行"。尽管汤若望一再上疏苦辞，终未获批准。后经耶稣会总会及教皇裁决，认为让汤若望接受钦天监监正之职将有利于基督教在中国的传播，于是汤若望成为在中国历史上第一位担任钦天监监正的传教士。当时汤若望声明只负责钦天监和历书编纂等学术性工作，旧历中有关吉凶福祸的判别等职责则不能为之效劳。

1645 年(顺治二年)1 月 5 日，汤若望将明末由徐光启主编，诸多传教士参与撰写的一三七卷《崇祯历书》压缩为一〇〇卷，再加上他本人后来编撰的《历法西传》、《新法历引》、《筹算》共计一〇三卷，以《西洋新法历书》之名刊刻进呈，此举更为清廷所引重。1647 年(顺治四年)汤若望被加封太常寺少卿衔。1651 年(顺治八年)顺治皇帝亲政后诰封他为通议大夫。1653 年(顺治十年)赐他太常寺卿，赐号"通玄教师"，授三品衔。1657 年(顺治十四年)加授通政使司通政使。翌年又授光禄大夫，追封其上三代为一品。可以说汤若望当时在朝中是地位显赫，恩宠有加。

事物发展到一定程度，就要走向它的反面。汤若望在顺治时期备受恩宠，当然会招致一些人的嫉恨，他自任钦天监监正以来也砸了某些人的饭碗，无形中树立了许多敌人。1657 年 5 月 20 日原在钦天监任秋官正职的吴明烜首先发难，上疏诬告汤若望所制历书推算错误。8 月 26 日又再劾汤若望舛谬三事，即"遗漏紫炁，颠倒



觜参，颠倒罗计”。[①] 顺治帝派大臣登观象台测验，结果证明吴明烜实属诬告，本要处以绞刑，后从轻发落。

1659年新安卫生官杨光先又奏《摘谬论》送呈礼部，指责汤若望所制历书中的十大谬误，攻击他“只进二百年历”是要清朝短命。1660年又以《正国体呈》上奏礼部，指出时宪历书封面所题“依西洋新法”五个字是“暗窃正朔之权以予西洋，而明谓大清奉西洋之正朔也”！

时值1664年，顺治帝已驾崩，康熙皇帝尚且年幼，朝中实权旁落鳌拜等人之手。杨光先等又向礼部进呈《请诛邪教状》，指控汤若望等人造传妖书，潜谋造反，历法荒谬。1664年9月26日汤若望、南怀仁、利类思、安文思等四名传教士及几名中国天主教徒被送上刑部大堂受审，这就是中国历史上闻名的“历案”。汤若望当时年届73岁，猝患痿痹，口舌结塞，不能自辩，只能由南怀仁代为辩之。尽管南怀仁逐条驳斥了杨光先等所列的不实之词，但对他们的处置早已有定论，1665年4月宣布结案：汤若望被判以凌迟处死，并同时宣布禁教，废除新历，恢复旧历。判决刚一宣布，恰逢北京连日发生强烈地震，屋毁人亡，人们纷纷认为这是上天的示警。在顺治帝母后孝庄太皇太后的干预下才使汤若望免于一死，获释回天主教堂。身患重疾的汤若望于1666年8月15日病逝。三年以后朝廷内部权力发生了变化，在南怀仁的努力下，汤若望的案情得到了昭雪。

纵观汤若望的一生，献身于他所忠实的宗教事业。在中国40余年，不遗余力地传播天主教义，但却未达到他所预期的目的。晚年的不幸遭遇则是当时中国政治历史演变的结果，而他在传教之余所从事的科学工作，即将西方天文学、数学、光学以及火器、矿冶等方面的知识介绍到中国，尤其是采用西法制历都取得了丰硕的成果，可称为继利玛窦之后，最有影响的耶稣会士之一。

第七节　南怀仁

南怀仁(Ferdinand Verbiest)，字敦伯，原名费尔迪南·维尔比斯特，1623年10月9日出生于比利时布鲁日的皮特姆镇。18岁入耶稣会就学于鲁文天主教大学，攻读神学、天文学、数学等课程，在青少年时期受到了良好的科学基础训练。早在1645年在学校就读时他就萌发了去南美洲传教的想法，但始终未能成行。1652年他前往罗马，研修神学课程。1655年4月在西班牙的塞维利亚通过了神学论文答辩后，耶稣会决定派他去中国传教。

---

① 阮元：《畴人传》，582页。

1656年1月8日南怀仁跟随卫匡华搭乘一艘荷兰船从意大利的热那亚启航前往中国，行至地中海轮船遭到法国海盗的袭击，同行中死伤数十人，幸存者的财物被掠夺一空，南怀仁等历尽艰险之后于2月16日返回热那亚。此次航行的失败并没有动摇他东去的决心。翌年他们再次成行，于1658年7月17日抵达澳门，并于1659年进入中国内地。在北京受到顺治皇帝的接见后，即被派往陕西传教。南怀仁在西安从事传播天主教义工作的时间很短，只有8个月，1660年6月9日就奉诏回京协助汤若望在钦天监治理历法。此时汤若望已年老体衰，需要有精通天文历算的人辅助他做钦天监监正的工作。

南怀仁在钦天监中作为汤若望的副手，可谓是尽心竭力。此后不久，便经历了因采用西法制历而引起的教案的诛连被捕入狱、继而平反的传奇性事变，南怀仁在其间充当了极为重要的角色。

1664年，汤若望等受到杨光先的指控被传讯受审。过堂时汤若望突患语言障碍，口不能言。南怀仁挺身而出作为汤若望的代言人为他辩护，并特作《历法不得已辩》。杨光先等状告汤若望历算有误，并指出他在为顺治帝之子荣亲王选择葬期时，误用“洪范五行”犯了大忌，导致荣亲王生母病逝、顺治帝驾崩等一系列恶果。南怀仁则据理力争说，汤若望在钦天监只负责日食、月食的预测，而不具体指定皇子下葬的日期。鳌拜等人出于政治上巩固自己地位的考虑，将早已定好的罪名强加于汤若望等人头上，刑部宣判汤若望凌迟处死，南怀仁等人被判杖充。因判决次日，北京发生地震，人们认为这是上天震怒，故在孝庄太皇太后的干预下，将南怀仁等三名传教士开释。汤若望虽免于一死，但仍被押在狱中。此时南怀仁谢绝了为他开释的命令，主动要求留在狱中照顾汤若望。后因皇宫燃烧大火，才使他们得以获准回天主教堂。



杨光先、吴明烜等因弹劾汤若望有功，攫取了钦天监监正、监副的职务。朝内废尽新法而复用大统历和回回历。1667年，康熙皇帝亲政，决心铲除大权在握的鳌拜集团，事态发生了转机。南怀仁适时反击，上疏指出《康熙八年七政时宪书》的种种舛谬，其一为该历在一年之中竟出现两个春分和两个秋分，其二为在这年不该有闰月的时候却安排了闰十二月。这些都指出了该书的弊病所在，引起了康熙皇帝的重视，他决定用实测来评判中、西历法的优劣。康熙七年(1668)十一月二十三日，康熙帝下诏谕:“天文最为精微，历法关系国家要务，尔等勿怀夙仇，各持己见，以己为是，以彼为非，互相争竞。孰者为是，即当遵行，非者更改，务需实心，将天文历法详定，以成至善之法。”[①]并命杨光先、吴明烜、南怀仁等于十一月二十四、二十

① 黄伯禄:《正教奉褒》,47页。



五、二十六连续三日赴古观象台"预测正午日影所止之处，合与不合"①。结果证明"正午日影所在正合（南怀仁等）所划之界"。② 继而康熙帝又传谕内院大学士图海等 20 多名重要阁臣审阅南怀仁对吴明烜所作《七政》和《民历》两书的意见是否正确，并令他们共赴古观象台测验立春、雨水两节气。太阳、火星、木星的躔度，其结果为"南怀仁测验与所指仪器逐款皆符，吴明烜测验逐款皆错"。尽管杨光先等一再奏明皇上"臣监之历法，乃尧舜相传之历法；皇上所正之位乃尧舜之位也。……今南怀仁天主教人也，焉有法尧舜之圣君而法天主教之法也？南怀仁欲毁尧舜相传之仪器，以改西洋之仪器"③，等等。康熙帝还是罢黜了杨光先，将吴明烜交吏部议处，由于南怀仁的出色表现，任命他为钦天监监副，让他推算康熙九年历法，此后不久又同意依南怀仁所指式样督造天文仪器。

从 1669—1673 年，共历时 4 年，浇铸完成了赤道经纬仪、黄道经纬仪、天体仪、地平经仪、地平纬仪和纪限仪等六架大型铜制天文仪器，规模之巨大，做工之精细，时间之快捷皆为世所不及。从中可以看出南怀仁设计和组织工作的卓有成效和对中国传统仪器与西法的有机融合作出的重要贡献。尤其是六仪中的黄道经纬仪和纪限仪为中国传统天文仪器中所未有。六仪在刻度、读数和照准等方面都较中国传统仪器有很大改进。清代数学家兼天文学家阮元曾在《畴人传》中对这些仪器有如下评价："西人熟于几何，故所制仪象极为精审，盖仪精审则测量真确，测量真确则推步密合。西法之有验于天，实仪象有以先之也。"④应该说这一评价是公允的。

为更进一步说明六架仪器的结构、制作原理、安装和使用方法，南怀仁又主持编撰了计有十六卷的《新制灵台仪象志》，1674 年 3 月 6 日（康熙十三年正月二十九日）奏请刊印，受到康熙帝的赞赏，下令授南怀仁为钦天监治理历法（即钦天监监正），加封太常寺少卿职衔。



1678 年 9 月，南怀仁与闵明我、宜嗒喇等合作撰写了《康熙永年历法》，全书共三十二卷，内容包括日躔、月离、火星、水星、金星、土星、木星、交食等篇章，可以预推 2000 年以内任意一年的日食、月食以及行星的准确位置。此书是在汤若望所著《二百年恒星表》的基础上增补而成，进呈御览后，南怀仁又被加封通政使司通政使衔。

南怀仁在天文历算方面取得的斐然成就为朝廷所倚重，同样他在工程、造炮等方面的突出贡献，又反过来巩固了他在钦天监的地位，成为他完成西学东渐伟大历

---

① 黄伯禄：《正教奉褒》，49 页。

② 《中国历代文献精粹大典》，48 页。

③ 黄伯禄：《正教奉褒》，49 页。

④ 阮元：《畴人传》，595 页。

史使命的一个重要组成部分。

康熙十年(1671)工部因修建孝陵(顺治帝陵寝)大石牌坊,需从房山一带采六根石柱和十二件坊子等石料通过芦沟桥。这些巨石十分笨重,轻则万斤,重达10余万斤,而芦沟桥因年久失修,两年前曾因洪水泛滥冲毁两孔,后耗银8万余两得以修复,此次这些巨石能否安全通过芦沟桥确实是一个大难题。工部提出两种方案,一是用300匹马牵引的特制车辆运石过桥,需耗银万余两用木料加固桥体和桥墩;二是从桥下过河。在此举棋不定之时,南怀仁奉旨三度前往芦沟桥进行实地考察,最后他提出第二种方案因河床土质松软,承载力不大,且随时可遭洪峰袭击实不可取,第一种方案加工修改为:用绞盘牵引过桥,这样既可防止马匹牵引车辆过桥时,引起剧烈而有规律的振动(共振),又可节省银两。最后康熙帝决定采纳南怀仁的建议,修陵所需巨石安然通过芦沟桥。

在康熙帝发兵平定吴三桂等人的叛乱(即所谓的"三藩叛乱")中,南怀仁亦起到了很大作用。他奉旨修复战场上破损的战炮。在他的指导下工匠们将火炮的锈蚀除去,稍加调整便完好如初。其后他又奉旨制造一种为清军在山地作战用的较为轻便的火炮,又获成功。从1680年11月4日至1681年8月11日仅仅280多天的时间里南怀仁就督造了300门战炮。1682年1月南怀仁又进献了《神威图说》一书共七十卷,内容主要是介绍制造西洋炮的技术。其中理论二十六卷,图解四十四卷。为嘉奖南怀仁造炮有功,加封他为工部右侍郎。

由于南怀仁具有广博的知识而受到康熙皇帝的信任和尊重。他曾任康熙的私人教师,在宫中进讲数学、天文学和力学等知识,时间长达5个月,寒暑不辍。他的汉文和满文水平亦很高,曾奉康熙帝的旨意将利玛窦和徐光启翻译的《几何原本》汉文本译成满文。1682年他又扈从康熙帝东巡,视察辽东和吉林。沿途用天文仪器测量当地的北极高度和地理纬度、地磁以及大气和土地的状况,随时回答皇帝提出的天文、气象方面的问题。巡视途中抵达一条河流,因水位上涨不能徒步渡河,当时只有一只小船停留在附近。康熙帝上船后就招呼南怀仁一同过河,而许多王公贵戚,包括皇帝的岳父都被留在岸边①,足见康熙皇帝对他的器重。



南怀仁因通晓拉丁文、葡、俄、法、荷等多种文字,曾多次参与清廷接待外国使团的工作。在中俄交往中充当翻译,做了许多有益的工作。但也必须指出南怀仁为了天主教的利益,利用工作之便向俄方提供情报。1676年俄国米列斯库使团到达北京,南怀仁为求得俄国能够应允开辟一条欧洲到达中国的陆路交通线,以便罗马教廷向东方派遣更多的传教士,曾向俄国特使提供清政府有关政治、财经和军事

---

① 南怀仁:《鞑靼旅行记》。



等机要情报和测绘的中国地图，并提供了清朝以后十年在阿穆尔地区的战略计划。从这里我们也不难看出传教士一方面为所在国服务，但同时亦千方百计地为谋取本国和教会利益进行活动。

南怀仁还由于他所处的亲近皇帝的特殊地位，撰写了《鞑靼旅行记》，向欧洲人介绍康熙的为人、宗教信仰、科学活动以及中国辽东地区的风土人情和他本人对中国的认识，使得欧洲人更加了解中国。

1688 年 1 月 28 日（康熙二十六年十二月二十六日）南怀仁在北京逝世。他是继利玛窦、汤若望之后最卓有贡献的耶稣会士之一，在所有来华传教士中他的官位最高，为"钦天监治理历法，加工部右侍郎，又加二级"。康熙帝特赐葬银 900 两，并下诏悼念，葬礼亦十分隆重。在他逝世一年后，康熙帝又遣官加祭，谥勤敏，显示了对南怀仁的恩宠非比一般。他在西学东渐的过程中确实起到了十分独特的作用，其历史地位应予以肯定。

第八节　蒋友仁

蒋友仁（P. Michael Benoist），字德翊，1715 年 10 月 8 日出生于法国的欧坦。1737 年加入耶稣会，同年在圣叙尔皮斯神学院毕业，获副主教之职。1737 年 3 月 18 日到南西（Nancy）初修院，主修数学、天文学和物理学。由于他学习成绩优异，学院命其提前毕业，并授予牧师（司铎）之职。在此后三年的时间里，蒋友仁一直在为自己能够去东方传教积极斡旋准备。因知中国十分重视天文学、数学，便收集了大量科学书籍。此外在赴巴黎准备来华期间，他还得到了法兰西学院院士德利尔（Delisle）、德拉卡耶（De LaCaille）和勒莫尼埃（Le-Momnier）的当众允诺，答应负责他天文学方面的训练和指导，并在他来华后与其保持经常性的通信联系，这些无疑都给年轻的蒋友仁赴华传教增添了信心。



蒋友仁于 1744 年乘船抵达澳门，翌年即奉乾隆皇帝之召进京，在钦天监一面佐理历政，一面攻读中文。

蒋友仁虽然是以数学家和天文学家的身份进入宫廷的，但来后不久就因他具有特殊的工艺才能，被乾隆皇帝调任为"造办处行走"[①]，参加修建圆明园属园——长春园"西洋楼"建筑群，主要是人工喷泉的设计和监制，从 1747 年至 1759 年历时 12 年之久。蒋友仁先后设计完成了"谐奇趣"、"蓄水楼"、"养雀笼"、"黄花陈"、"海晏堂"、"远瀛观"等多处大水法工程。其中以"海晏堂"和"远瀛观"两处尤为别具一

---

① 阮元：《畴人传》，609 页。

格，堪称中西合璧。海晏堂前的“十二牲像喷水池”为在皇帝宝座的两旁设有巨型喷水塔接收喷水的三角形水池，周边列有12只石兽，它们分别以中国传统的十二生肖排列，子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥，用以表示一天中的12个时辰。每只石兽在一天中轮流喷水一个时辰(2小时)，正午时刻12只石兽都同时向池中喷水。可以说这一大水法既起到了喷水、美化园林的作用，又是一座特殊的时钟，构思之精巧，设计之奇妙为世人所叹服。在远瀛观水法中，还设立了以中国古代十天干甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸为序排列的“十狗喷鹿”，显现出其中西合璧的特点。

蒋友仁从事各大水法工程，深得乾隆皇帝的赞赏，使他有许多时间侍候在皇帝身旁，随时解答皇帝提出的问题，并向他介绍西方先进的科技研究成果和天文学方面的新发现。1760年蒋友仁在他进献的一幅精美的世界地图即《坤舆全图》的四周配上了天文学内容的插图和说明文字，以精练的语句介绍了各种宇宙学说，指出:“西士殚其聪明，各自推算，乃创想宇宙诸曜之序次，各成一家之论……”以重笔铺叙了哥白尼的日心地动说理论，首次在中国明确指出“日心说”是唯一正确的宇宙学说。此外还介绍了开普勒行星运动第一、第二定律(而不是颠倒的开普勒定律)，以及17世纪欧洲天文学的新发现、新进展，其中包括太阳黑子、太阳自转、月面结构、金星位相、太阳系天体的自转以及四颗木星卫星和五颗土星卫星的公转周期等有关数据。遗憾的是这幅《坤舆全图》进献后，一直被锁在皇宫内院，不要说中国学者就是相当一级的官员也难以看到，直到三四十年以后，曾先后参加过《坤舆全图》文字润色工作的钱大昕才以《地球图说》的名义将其出版。但因钱大昕本人对哥白尼学说持实用主义态度，而为《地球图说》作序的阮元又极力反对日心地动说，并在序言中直言不讳地劝诫人们对于哥白尼学说“不必喜其新而宗之”。阮元在其主编的《畴人传》中，更对该学说持批评态度，指出“其为论至于上下易位，动静倒置，则离经叛道，不可为训……”[1]因此，《地球图说》虽然付印了，但哥白尼学说却仍没有传播开来。直到1859年李善兰和伟烈亚力合作翻译《谈天》一书之后，才从根本上改变了这种局面，使哥白尼学说得以在中国广泛传播。尽管如此，蒋友仁在哥白尼学说传入中国的过程中所立的首创之功是应予以充分肯定的。

据魏源的《海国图志》记载，1756年乾隆皇帝“命友仁同何国宗携仪器遍测新疆度数、节气早晚，增入《时宪书》”。即蒋友仁曾随何国宗参加了新疆地理经纬度、昼夜长短及节气的测量。康熙年间测绘的《皇舆全览图》，因地方叛乱，新疆的哈密未经实测，西藏部分则只从拉萨测量到恒河发源处，其余部分均为目视，成图并不

① 阮元:《畴人传》，610页。



精确，因此这次蒋友仁同何国宗的新疆地区的实测就显得十分有意义了。1761 年前后，蒋友仁奉乾隆皇帝之命，接任法国传教士宋君荣之位负责汇总制图，他一方面补入新疆、西藏两地新的实测成果，另一方面又大量引用了宋君荣所搜集到的有关亚洲俄蒙地区的地理资料，采用梯形投影法，以经过北京的经线为本初子午线，改制和增订了康熙的《皇舆全览图》，这就是著名的《乾隆内府舆图》，又称做《乾隆十三排地图》。该图以亚洲大陆为主，分成两半球的中外大地图，图宽 12.5 尺，高 6.5 尺，版图所及范围极广，北至北冰洋，南至印度洋，西达红海、地中海和波罗的海，可称为是当时世界上最为完备的实测亚洲地图，成为后代编撰地图的重要依据之一。全图完成后，蒋友仁负责将其制成铜版 104 块，每幅铜版曾印 100 张，共计 10400 张，上有乾隆二十一年和二十五年御题诗。1925 年北京故宫博物院文献馆在清点故宫造办处存物时发现了这 104 块铜版，并加以重印。

蒋友仁在紧张工作之余，曾将《书经》译成拉丁文，由于他的译文达意准确，言简意赅，受到宋君荣的赞赏，将其译文中的数段章节寄往莫斯科文艺保护人拉素摩斯基(Rasumoski)处。此外蒋友仁还将其所作有关在中国活动的大量笔记陆续寄往法国，并以《关于中国之记事》(*Memoires Surlachine*)的书名刊行于世。

蒋友仁于 1760—1770 年前后，曾担任法国传教会北京教区的教务长，从事大量的传教工作。1773 年罗马教廷正式宣布解散耶稣会，这一训令对蒋友仁精神上的打击很大，紧张的工作和精神的消沉使他的身体日渐虚弱，1774 年 10 月某日清晨，当他正准备起身进谒乾隆皇帝时，猝然中风，不久于 1774 年 10 月 23 日逝世。乾隆帝特赠银百两，为其丧葬之用。

蒋友仁作为一名耶稣会士来中国传教，由于身处特殊的历史环境未能达到他所预期的效果和目的，但在西学东渐的过程中作为一名天文学家、数学家、工艺学家，他周密严谨的治学态度，一丝不苟的工作作风无不给人留下深刻的印象。来华工作的几十年间为中国天文学及其他领域科学技术的发展所作的贡献是多方面的，其历史功绩应予以肯定。



第九节　戴进贤

戴进贤(IguatiusKögler)，字嘉宾，日耳曼人，1680 年出生于德国巴伐利亚州兰茨贝格镇的一个普通皮匠之家。1696 年 12 月 4 日进入耶稣会初修院，后在英格尔城(Ingolstadt)大学，专修哲学、神学、数学以及东方语言。毕业后留校任教，教授拉丁语、希伯莱语和数学等。在教课之余还进行一些有关天文的观测和研究工作。他在当时已成为一位相当出色的学识广博的神职研究人员。

1716年3月13日戴进贤随其他19名神甫一起从里斯本启航东渡，历经半年的时间，于1716年8月31日抵达澳门，随即进入广州。此次戴进贤等传教士来华具有特殊的历史背景，即正值清廷对耶稣会士由宽容向严厉的转变关口。康熙皇帝由于在礼仪问题上与罗马教廷使节发生分歧，认为罗马教廷干预了中国内政，于是命令只允许耶稣会传教士中有技能及特殊专长者留居中国内地，其余均予以驱逐，随后又在全国下达了对传教士实行领票的命令，即来华传教士只有持票方可进入中国，且不许在国内设立天主教堂。无疑这对耶稣教会来说是一个极大的限制，于是教会方面特意从欧洲寻觅在天文历法及数学等方面持有专长的传教士来华，以便最大限度地维持和保存由利玛窦等所开创的在中国传教的局面和地盘。戴进贤正是作为在数学及天文历法方面颇有建树的神职人员被派往中国的（当然他自己在来华之前并非十分了解这一内幕）。戴进贤到达广州后不久，即奉召进京，在钦天监供职，从事天文历法的观测和推算工作。由于他的数学功底深厚，治学态度严谨，为人谦和礼让，在工作几年之后，逐渐受到器重和赏识，康熙五十九年（1720）任钦天监监正的德国传教士纪理安去世后，他实际上已经担起了钦天监领导的担子。雍正三年（1725）他被正式任命为钦天监监正，雍正九年（1731）又加封礼部侍郎，为当朝二品。这样的恩宠和信任在当时禁教之风愈演愈烈的情形下对教会来说无疑是一根救命草。乾隆三年（1738）戴进贤被任命为耶稣会中国省区副区长。

戴进贤迫于当时政治大环境的压力，不能公开从事传播天主教义的工作，故而将其主要精力和时间放在天文历算方面，使他在这一领域卓有成绩。

雍正元年（1723）戴进贤绘制了《黄道总星图》，并为之撰写了说明文字。这是以南北黄极为中心，以黄道为外圈大圆的二幅南北恒星图。图中以直线分为十二宫，边列宫名，节气随之，星分六等。该星图参考了南怀仁撰写的《灵台仪象志》，但在此基础上又有所补充和增加，此外在星图中又增添了伽利略、卡西尼、惠更斯等人的最新成果。比如描绘了太阳黑子、木星的条斑及其卫星、土星光环及其卫星、金星的娥眉相、火星的黑暗表面以及月相等，这是戴进贤来华后所取得的一个重要成果。

康熙五十二年（1713），清廷曾组织大批钦天监人员对《西洋新法历书》进行修订，着重解决书中“图与表不合，而解多隐晦难晓”的缺欠。修订后的新历书被命名为《历象考成》。全书共四十二卷，分为二编，上编题为：《揆天察记》十六卷，主要论述了理论问题；下编题为《明时正度》十卷，着重介绍各种计算方法，另附有计算表格十六卷。该书虽然比《西洋新法历书》有所进步，但它最大的缺欠是所依据的第谷宇宙体系的理论在当时已属落后，因而用该书历表所推算的结果难以令人满意。雍正八年（1730）六月初一日日食，按《历象考成》历表推算的时刻与实际观测结果



相差很大，而依戴进贤所推时刻却很准确。当庄亲王允禄向皇帝禀报了这一情况之后，皇帝特准由戴进贤和徐懋德(AndreasPereira)增补表解图说。他们根据法国天文学家卡西尼的计算方法和数据，推算出了日躔表和月离表，并将表格直接附于《历象考成》各历表之后，但未作任何说明。整个钦天监中除戴、徐二人之外只有蒙古族天文学家明安图会使用这份表格。于是乾隆二年(1737)清廷应吏部尚书顾琮的奏请，组织了一个专门的班子来增修表解图说。任命允禄为总理，梅瑴成为总裁，何国宗为协同总裁，具体的考测推算则由戴进贤、徐懋德、明安图等担任。历时5年之久，于乾隆七年(1742)编撰成《历象考成后编》共十卷。该书的编排体例分数理、步法、日躔、月离、交食五部分，涉及岁实、黄赤距纬、地平经差、日月实经、日月影半径及影差、清蒙气差、太阳行度、太阴行度、黄白大距等多方面的内容。该书采用了开普勒、牛顿、卡西尼等人的研究成果。在讨论日月五星运行轨道问题时彻底摈弃了小轮体系，改用颠倒的开普勒椭圆面积定律。讨论光经过大气的折射率，即所谓清蒙气差时，采用了卡西尼的方法。讨论日地距离和月地距离时采用牛顿方法。并且废除了太阳半径为地球半径5倍的说法，而采用西方测定太阳半径为地球半径的96倍的数值。书中的日躔表和月离表也根据意大利天文学家格拉马蒂奇(Grammatic)的著作编成。这些无疑都是该书的进步之处。

《历象考成后编》以癸卯为历元，故又称为《癸卯元历》。自1742年颁行，一直行用到1911年清朝灭亡。戴进贤作为该书的主要编撰人，为此倾注了极大的心血和精力。

这部巨著脱稿后，戴进贤又开始了新的研究课题。乾隆九年(1744)钦天监观测黄赤交角的数值已比南怀仁所著《灵台仪象志》中所载数值有较大变化，且该书星表中所载恒星位置有诸多错误，故而作为钦天监监正的戴进贤上奏皇上，恳请修订《灵台仪象志》，重新测算星表，以便对“诸星纪之，阙者补之序之，紊者正之”[①]。乾隆皇帝及时准奏，于是以戴进贤为主编，刘松龄、鲍友管、何国宗、明安图、傅作霖等20余人共同参与，在重新考测和推算3083颗恒星位置的基础上，于乾隆十七年(1752)编纂完成了《仪象考成》三十二卷，其中《黄道经纬度表》十二卷、《赤道经纬度表》十二卷、《月五星相距》一卷、《恒星经纬度》一卷、《天汉黄赤经纬度》四卷、《仪说》二卷。



《仪象考成》星表以乾隆九年(1744)为历元，星表中恒星位置精度为秒的量级，较《灵台仪象志》星表以分的量级提高了一步。此星表以英国弗拉姆斯蒂德(J. Flamasteed)星表为底本，其中一部分数据为依弗氏星表数据再加岁差而得，一部

---

① 《清朝通志》，第6 755页。

分为戴进贤等实测而得。这份星表后经一位日本神甫改进成以1875为历元，按照赤经α顺序排列并标出星等，成为近代星表的范本。对《仪象考成》一书，后人评价颇高，《清朝通志》中曾评述道："御制仪象考成，其理则揆天察记，其法则明时正度，则数可以穷理，即旦可以定法，合中西为一揆。"

在编制《仪象考成》的同时，大型铜制古仪《玑衡抚辰仪》的设计工作亦同时开始。乾隆九年(1744)，乾隆皇帝驾幸古观象台，看到台顶上陈列的大型铜制古仪，均为西洋风格，不觉感到有些美中不足。于是当即命令制作一架"用今之数目，合古之型模"的大型古仪。戴进贤责无旁贷地担当起了这架仪器的设计工作。该仪重5000千克，分三重。最外为古代浑仪中的六合仪，但剔除了地平圈；中间为古代浑仪中的三辰仪，去掉了黄道圈；最内为四游仪。这架仪器既保存了古代浑仪古朴典雅凝重的风格，与浑仪相比又扩大了观测区域和视野，测量精度亦有所提高。由于赤道环分为天常赤道和游旋赤道两部分，观测天体赤经时可不用先找已知距星，直接从仪器上读出该星体的赤经差。整个仪器做工精细，工艺水平堪称一流，龙云造型栩栩如生。戴进贤特为该仪撰写了《玑衡抚辰仪记》二卷，当《仪象考成》刊刻之时，将其冠于该书之首。因戴进贤于1746年病逝，《仪象考成》和《玑衡抚辰仪》的后续工作均由他人完成。

戴进贤在华期间，进行了大量的天文观测。对于日食、月食以及水星、木星的观测都极为细微。因编写《历象考成后编》和《仪象考成》所进行的恒星位置的观测和核对工作更是不计其数，可以说戴进贤在天文历算、天文观测和天文著述方面的贡献都是十分具体和突出的。

戴进贤还编撰了一部称为《策算》的数学著作。其主要内容为对数和对数表的用法，全书分两次刊刻，分别于1722年和1744年完成。

乾隆十一年(1746)3月29日，戴进贤病逝于北京，乾隆皇帝"赐币银贰佰两，大缎十端"，安葬于北京车公庄三塔寺教士墓地。

第十节　纪理安

纪理安(K. Stumpf，1655—1720年)，德国耶稣会士，生于巴伐利亚的沃尔茨伯格(Wuertzbourg)。康熙听说纪理安很聪明，命令他到北京任职。1695年纪理安到达北京。

纪理安精通光学，擅长修理仪器。在北京期间，他负责修理的天文与其他仪器多达600件，自己也动手制作了一些仪器。他对金属的熔化、铸造也非常精通。1697年，他在宫廷开设了许多作坊，首次制造了很多玻璃器皿，有的是彩色的，非



常漂亮,他的工作得到了中国人的赞赏,康熙还把这些玻璃作为礼物送给俄国使节。为此,康熙还特意访问纪理安,派人向他学习玻璃制作技术。

1700年,纪理安和比利时耶稣会士安多(A. Thomas,1644—1709)送给康熙一幅地图,康熙很满意,并打算测量地图。但是因纪理安体弱、安多年老,于是康熙要求派遣更多的耶稣会士到中国。纪理安在钦天监任职,主要是从事太阳的位置计算以及天文表的制作。1700年起,葡萄牙耶稣会士苏霖(J. Suarez,1656—1736)建议康熙在钦天监向中国学生教授天算知识,当时苏霖和纪理安都是老师,学生到教堂学习。后来康熙皇帝在教堂附近买了一所房子,供耶稣会士教学用。

1700年,闵明我向康熙皇帝建议,在宫廷给每个耶稣会士一个职位,康熙起初同意,但后来没有实现。闵明我年老体弱,曾挑选庞嘉宾(K. Castner,1665—1709)接任钦天监工作(1707年11月起至1709年)。但1709年11月庞氏去世。1711年,闵明我退休,于是挑选纪理安接任,直至1719年病退。

1712年,法国耶稣会士傅圣泽(J. F. Foucquet,1665—1741)被挑选向康熙介绍西方天文学。于是傅圣泽翻译了一些西方数学、天文学著作,他向康熙介绍了开普勒的椭圆运动理论,涉及哥白尼日心学说,为此遭到了纪理安等人的反对。因为纪理安认为傅圣泽这样会让中国人觉得西方天文学并不可靠,会使南怀仁以来传教士在钦天监的地位受到损害,此外还有碍天主教教义,表现了其保守的一面。

1715年,纪理安设计制作了地平经纬仪,为此熔化了古代的天文仪器,遭到了梅瑴成等人的批评。1705—1720年间,作为视察员,负责教会的事务,代表葡萄牙耶稣会士的利益。

第十一节　伟烈亚力



伟烈亚力(Alexander Wylie),英国人,1815年4月6日出生于英国伦敦。他中学毕业后一面在一家具匠处学徒,一面坚持自学,始终不辍。1847年8月26日被英国伦敦教会选中,派往中国传教。他来华后在上海主持伦敦教会墨海书馆的出版事务。

伟烈亚力来华后,在主持馆务之余将其主要精力投入到翻译西方科学著作上,他所在的墨海书馆一时成为传播西方科学的重要处所。他先后与中国学者李善兰合作翻译了《几何原本》后九卷(1857年出版)、《代数学》(1859年出版)、《代微积拾级》(1859年出版)和《谈天》(1859年出版),与中国学者王韬合译有《重学浅说》(1858年出版),此外他还用中文著有《数学启蒙》(1853年)一书。

早在1607年徐光启便与利玛窦合作翻译出版了古希腊的数学名著《几何原

本》前六卷，由于种种原因后九卷一直未被翻译。此次伟烈亚力与李善兰花费近4年的时间，合作翻译《几何原本》后九卷，使得这部西方经典著作完整地流传于中国，完成了利玛窦、徐光启未竟的事业，在清末数学界产生了积极的影响。

他翻译的A.德摩根(De Morgan)的《代数学》和E.卢米斯(Loomis)的《代微积拾级》则是符号代数学、解析几何学和微积分学在中国的首次传播。

伟烈亚力不仅将西方数学著作译成中文，使中国数学家尽快全面地了解西方数学界的发展状况，而且还在李善兰这位有高深造诣的学者帮助下，将中国先进的数学成果介绍到西方。他在所著的《中国数学科学札记》(*Jottings on the Science of Chinese Mathematic*，1852—1853)中，论述了中国数学从《九章》到清末的历史发展，并对中国古代数学的最高成就——宋元数学进行了系统的研究，得出了贾宪的增乘开方法和秦九韶的正负开方术与英国数学家W·G·霍纳(Horner)1819年发表的霍纳法基本相同的结论。在中西方数学比较方面作出了可贵的探索。

伟烈亚力在天文学方面所做的很重要的一件事，就是与中国学者李善兰合作翻译了英国天文学家约翰·赫歇耳(J. F. Herschel，1792—1871)的名著《天文学纲要》(*Outlines of Astronomy*)一书，中译本名为《谈天》。该书共十八卷，全面系统地介绍了当时天文学的进展和近代天文学知识。内容包括哥白尼日心地动说、开普勒行星椭圆运动定律和牛顿万有引力定律以及经典天体力学理论(包括行星摄动理论)的建立。

《谈天》一书较为系统、详细地论述了伽利略以来由于天文望远镜的使用和改进做出的一系列天文新发现，如光行差、恒星周年视差、小行星、天王星、海王星、变星、双星、星团、星云等。此外对其他研究成果，如以观测金星凌日来测量太阳视差的方法、太阳黑子的结构、太阳的自转周期等亦做了介绍。总之，伟烈亚力与李善兰合作翻译的《谈天》一书在中国天文学史上具有十分重要的意义。自此，哥白尼、牛顿等人的学说在中国广为流传。

伟烈亚力还编著有《中国文献中的日月食记录》(*Eclipes Recorded in Chinese Works*)一书，书中统计了中国历史上925次日食和574次月食记录。他还编制过《恒星表》(*List of Fixed Stars*，1872)。

1868年，他与徐寿合作翻译了J·T·梅因(Main)所著的《汽机发轫》一书，此书为最早介绍蒸汽机技术的译著。1875年，伟烈亚力又参与创立上海格致书院。1877年返回英国。1887年2月6日逝世于英国汉普斯特德。

伟烈亚力作为一名英国传教士，在传教之余将一生中大部分时光致力于天文学、数学、科技史的研究，对中西方科技文化的交流作出了积极贡献。

下　篇



第十一章　北洋军阀统治时期的中央观象台

第一节　中央观象台的创建和变迁

辛亥革命胜利后，孙中山于1912年元旦在南京就任中华民国临时大总统，宣告中华民国临时政府成立。由于资产阶级革命派的软弱性和妥协性，在当年2月15日，政权即被大地主大买办的代表袁世凯所窃取。同年4月1日孙中山正式解除大总统职务，自此开始了15年之久的北洋军阀统治。在这一时代背景下，一些先驱者克服重重困难，开始创建中国人自己的现代天文事业。

袁世凯接任大总统后，民国政府迁往他所控制的北京。清朝的皇家天文机构钦天监由教育部接管，民国政府决定成立一个新的天文机构，定名为"中央观象台"，直属教育部。著名教育家蔡元培时任教育总长，他在南京民国临时政府任职时，就认识内务部司长高鲁，熟知他毕业于福建马尾海军学堂，通晓实用天文学，故力荐他出任中央观象台第一任台长。同时，物色到毕业于天津水师学堂的常福元辅佐高鲁。

按照袁世凯政府颁行的"中央观象台组织条例"，中央观象台应设历数、气象、天文和磁力四科。因经费和人才不足，开始只设历数科以应付急迫的历书编制任务。常福元任科长，科内有高鲁、常福元两位技正，另有技士5人，蒙、藏、回文翻译各1人，办事员及行政人员若干，总计不足20人。1913年成立气象科，1921年成立天文、磁力科。历经10年之久才实现组织条例所预定的建制。气象科由蒋丙然任科长，天文科科长由常福元转任，历数科改由叶志代理科长，叶志赴德国留学后，由王世镠接任科长。观象台工作人员大部分兢兢业业力求工作有成，但因北洋政府根本不重视科学事业，经费不足，薪金积欠，迫使不少人另谋生路。台内工作维持已不易，更何谈发展。1926年，高鲁深感无力挽救这一日趋衰败的局面，辞职南下，由常福元继任台长。

中央观象台的天文工作由历数科和天文科承担。历数科的任务是编制历书，这也是该台最主要的天文工作，将在下一节介绍。天文科的业务是用等高仪、六分仪等观测太阳、恒星来测定时刻，限于条件未能开展其他天文观测。

值得一提的重要工作是该台的科学普及活动。原钦天监泡子河观象台留有一



些古代天文仪器，中央观象台乃将其开放供来宾参观。1921 年，德国政府被迫归还 1900 年从中国抢走的古代天文仪器，中央观象台于当年 10 月 10 日组织了大规模的公开参观。事前，由常福元负责撰写了一册《天文仪器志略》，作为参观说明书。各架仪器旁均有专人解说和演示。这次活动为宣传普及天文知识，振奋民族精神，起了良好作用。此后，对陈列场所做了整修，常年开放供人参观，坚持科学普及工作。

为了交流学术和宣传科学知识，高鲁于 1915 年创办了《观象丛报》，在中央观象台内设编辑室。这是国人自己创办的第一本科学刊物。

1925 年 7 月，国共合作的国民政府在广州成立，国民革命军挥师北伐，1928 年进入北京，推翻了北洋军阀政府。北京改名北平。1927 年在南京建立的国民党政权——南京政府命令所属各部赴北平接收各相应机构。中央观象台由南京政府直辖的中央研究院所属天文、气象两研究所接收。天文研究所代理所长高平子和气象研究所黄厦千为接收员。高、黄两人到北平后，奉命撤销了中央观象台，其近代天文仪器运往南京天文研究所。中央观象台原址设立两个新机构——国立天文陈列馆和北平气象测候所。两个机构一套人马，仅职员 2 人，工友 2 人。至此，中央观象台完成了它的历史使命。

中央观象台步履艰难地度过了 16 个春秋，在军阀统治下，难以取得更大成就。但毕竟它是中国人自己建立的第一个天文观测、研究机构，在历书编算、天文实测以及启发民智、宣传科学等方面都起了启蒙和先行的作用。可以说，中央观象台的成立标志着中国天文学真正进入了近代阶段，它是中国近代天文学的第一个里程碑。



第二节 中央观象台的历书天文工作

为了指导农业生产和方便人民生活，我国自古以来极为重视编制历法和颁行历书。历书天文是中国古代天文学的一个主要领域。围绕着历法的改革，中国在天文学方面做出了许多重大发明创造，对世界文明和人类进步的贡献是巨大的。

颁行历书是不能间断的。因此，中央观象台首先建立的业务部门就是历数科，以承担此项任务。这也是该台最重要的日常工作，由高鲁台长和常福元直接抓历法的修订和编制历书。根据北洋政府的命令，必须在每年 4 月之前把下一年的历书编纂好，7 月以前把样本送发各省，由各省翻印并加盖“教育部中央观象台颁发历书之印”以示郑重，然后向民间发行。政府直属机关，蒙古、西藏和海外华侨等则由教育部颁发。历书除汉文版外，还有蒙文版和藏文版。



历书的名称是《中华民国××年历书》，从1912年（民国元年）起每年一册。其间，发生了袁世凯复辟称帝的闹剧，1916年历书更名为《洪宪元年历书》。随着袁世凯皇帝梦的破灭，历书又恢复原名。

《中华民国元年历书》只有少量的石印本。原因是历数科成立时，民国元年已过去一半，为了赶编次年的历书以保证当年（1912）7月把样本送往各省，待编完后才补编了当年历书，以求保持历书的完整性和连续性，故只印发少量。这两年历书的编算仓促上阵，只能沿袭旧法推算编制。1913年编制民国三年历书时，高鲁、常福元对旧法作了修改，《中华民国三年历书·凡例》中说："自三年起，始改用四人最新之法，即日躔用纽康《太阳表》，月离用汉森《太阴表》，期于鼎新改革，密合天行。"但事实上，在科技力量不足，计算条件又差的情况下，历数科不可能按照西方先进国家的编历原理和方法自行推算，只能以提前出版的外国"天文年历"为根据，结合中国的实际进行换算和改进，主要为：

（1）把外国"天文年历"上列出的月亮朔望和上下弦的世界时时刻换算为北京地方平时，在民国历上刊出《朔望两弦时分表》。

（2）节气是中国历法的特色。几千年来，中国人民根据节气安排农业生产，外国历书均无此项内容。节气概念的本质是把太阳周年视运动划分为二十四等份，每个节气标志着太阳在其周年视运动中的一个固定位置。我国自清代时宪历开始沿用至今的规定是：以太阳视黄经为0°的时刻定为春分的交气时刻，以下视黄经每增加15°为一节气，如太阳视黄经15°时为清明，30°时为谷雨，依次类推。外国天文年历的太阳表中，逐日列出世界时零时的太阳视黄经。在编制民国历书时，根据这些视黄经值，用内插法反算出视黄经为0°、15°、30°……等值所对应的世界时时刻，再换算为北京地方平时表示的各节气的日期和时刻。




（3）在民国历书上，每日下面列有"日中平时"一栏。这是一个特色，中国旧历和外国历书均无此项内容。设置此栏的原因主要是为了校对钟表。当时，钟表传入中国已久，但还没有采用世界通行的平太阳时来计量时间，也没有根据广播报时来校对钟表的办法。只是凭"视太阳时午正"即视太阳上中天作为正午12时来校对钟表。但视太阳日长短不一，每天视太阳上中天的时刻（即日中平时）是变化的，若一律看做是中午12时来校对钟表显然不对。当然，不用天文仪器无法准确判断太阳何时上中天，"日中平时"对一般民众的实用价值不大。不过，这毕竟为我国普遍采用平太阳时来计量时间开了一个好头。

（4）民国历完全按照外国"天文年历"中说明的方法推算日月食各食相的时刻和方位，并附图说明。其结果比旧历要精确得多。还推算并列出各省省会、外蒙库伦（今蒙古乌兰巴托）、西藏拉萨和扎什伦布等地所见日月食时刻、方位和食相图，

便于民间观测。

(5)根据外国“天文年历”中的太阳出没表,以北京的地理经纬度为准,换算出每个节气的太阳出没时刻,列为《节气太阳出没时分表》。

1915年(民国四年)起,中央观象台还编制出版了《观象岁书》,每年一册,至1919年停止。其内容主要为行星历表、恒星位置表等,多半转载外国“天文年历”的原表,有些则做一些必要的换算。

中央观象台的历书工作虽有所创新,但总体上依赖外国“天文年历”。这似乎有违中国一向独立编算历书的传统,也与大国地位不甚相称。但若沿用古法,在数据的精确度和内容的丰富上,确实不如西方历书。因此,这样做是实事求是的。承认落后而又不甘落后才是正道。1921年,时任代理台长的常福元曾上书政府,申请设立“修订历法处”,拟开展天文实测,逐步创造条件,以便将来能独立编算历书,未获批准。30多年后,新中国的天文学家才圆了他们独立编算“中国天文年历”之梦。

第三节 《观象丛报》

《观象丛报》月刊的创办是中央观象台及其第一任台长高鲁的一个重大贡献。它在中国天文学历史上创办最早,也是中国与国际上进行交换的首种天文出版物。

高鲁任中央观象台台长以后,一直想筹组“中国天文学会”。但在当时情况下,天文知识没有普及,天文人才更是寥寥无几,诸多条件均不具备。遂决定暂缓筹建,先以天文学会名义出版一份既有学术性又有普及性的刊物——《观象丛报》。于1915年7月出版第一卷第一期,此后,每月一期,直至1921年10月第七卷第三期止停办。创办这一刊物的目的,一是宣传、普及天文知识,引起广大民众特别是青年学生和知识分子对天文的兴趣,为广征天文学会会员,成立中国天文学会作舆论准备;二是刊登学术研究论文,以便国内同行互相交流,推动天文研究的开展;三是与各国天文、气象、地磁等学术机构交换图书期刊,利于引进国外先进的学术成就。这三项目的后来都圆满地达到了,高鲁的苦心没有白费。

《观象丛报》内容比较丰富,文章深入浅出,在国内率先采用自左至右的横排格式,从内容到编排都很新颖,吸引了一批热心读者。他们通过这个刊物了解天文知识,学习观测天象,成了热诚的天文爱好者。有的读者后来成了著名的天文学家,已故的南京大学天文系教授赵却民就是其中的一位。赵教授的父亲是《观象丛报》的热心读者,不仅订阅该刊,还购买了中央观象台出版的所有天文书籍。在父亲的影响下,赵却民也成了天文爱好者,他从长沙高等师范毕业后,专程赴山东济南向



齐鲁大学的天文教授王锡恩求教问学，此后又赴英国专攻天文，获硕士学位后回国，终生从事天文教育工作。

《观象丛报》促进了国内外天文学界的沟通和交流。出版后即陆续寄赠国外各天文、气象机构，对方也回赠自己的论文、观测资料或出版物。中央观象台曾收到近百种天文、地震、气象、地磁等方面的交换刊物和资料，寄赠单位遍布五大洲。《观象丛报》停刊后，赠送的刊物仍不间断地寄来。这些交换刊物和资料使中国天文学者能及时了解最新科学信息，接触当时先进的天文思想、理论和成果，对推动中国近代天文学的发展显然很有益处。

《观象丛报》以刊登天文类的文章为主，也有气象、地震、地磁方面的文章，并每期登载气象观察记录。该刊佳作不少，比如：常福元的《重修观象台》，高鲁的《二十八宿考》，胡文耀的《中国历代流星陨石表》等，都有较高学术和史料价值。《观象丛报》停刊后，后来相继创刊的《中国天文学会会报》和《宇宙》继承和发展了它开创的事业。

第四节　中国近代天文事业的奠基人——高鲁

高鲁，字曙青，号叔钦，福建长乐县人。1877 年 5 月生，自幼随父攻读，家学渊源。后毕业于福建马尾船政学堂。1905 年，由清政府选送比利时留学，获工科博士学位。

1909 年，孙中山在巴黎组织同盟会时，高鲁积极追随孙中山，联络留比同学参加同盟会。辛亥革命后，他回国任南京临时政府内务部疆里司司长。袁世凯窃国，政府迁往北京，他出任中央观象台台长，并在北京女子高等师范和北京大学执教。1918 年赴巴黎参加国际统一时辰会议，会后被教育部任命为中国留欧学生监督，留在法国。1921 年任满回国，仍担任中央观象台台长。经多年努力，由高鲁发起的中国天文学会于 1922 年 10 月 30 日正式成立，高鲁任第一任会长。1928 年 2 月，直辖于国民政府的中央研究院正式成立，所属天文研究所由高鲁任所长。次年，被派任中国驻法国公使。1931 年回国任国民政府监察院监察委员。此后，他虽未再担任天文界的实职，仍积极参与天文学会的活动，为中国天文事业的繁荣而奔忙。例如，为了筹备 1936 年和 1941 年的日全食观测，他参与谋划在中国天文学会成立"中国日食观测委员会"，并任委员和编算组组长。1941 年，还不顾高龄，到陇西参加日全食观测。1942 年，他任闽浙监察使。因生性刚直，不满国民党的腐败和抗日不力，于 1944 年弹劾蒋介石的亲信，第三战区司令长官顾祝同。国民党政府非但不秉公处理，反将他免职，激愤之下旧疾复发，卧床不起，于 1947 年 6 月



与世长辞。

高鲁是一位具有强烈爱国精神的学者。他所处的时代，内忧外患，国弱民穷，中国濒临灭亡。和同时代的先进知识分子一样，他无时无刻不在寻求救国之道，他找到的是科学救国。在《发起中国天文学会启》中，他写到："……深知今兹时代，非科学竞争，不足以图存……"因此，他终生努力倡导科学，即使从政为官，仍不忘科学事业。

如前所述，高鲁是中央观象台第一任台长，领导该台工作10余年；他是中国第一份天文学术期刊——《观象丛报》的创办者，并自始至终主持编务，撰写了大量稿件；他发起成立中国天文学会，在极为困难的情况下，费尽心血，使学会不断发展壮大；他是中央研究院天文研究所的首任所长，在任期间，力主在南京紫金山建设中国第一个现代化的天文台，亲自勘察选址、规划设计、组织筹建(后因赴法国任公使，由余青松接任天文研究所所长，完成建台任务)。这些工作在民国以来的天文学发展史上，具有决定性的影响，称他为中国近代天文学的奠基人，是当之无愧的。

高鲁不仅在学术工作的组织管理上发挥了重大作用，而且身体力行，孜孜不倦地从事学术研究和科学普及，写有不少专著，发表了大量文章。他关注的不只限于天文学，在气象工作方面也有很多建树。他出版的《相对论原理》一书是国内较早介绍相对论的著作。他的贡献是多方面的。

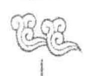


第十二章　青岛观象台

第一节　青岛观象台的历史沿革

中日甲午战争以后，腐朽的清政府被迫割地赔款，与外国侵略者签订了一系列丧权辱国的条约，如《马关条约》、《南京条约》、《中俄密约》，等等。公元1897年底，德国侵略者借口"曹州教案"，派军舰登陆胶州，向清政府提出定罪、缉凶、租借胶澳、修筑铁路等6项要求，作为结案条件。1899年3月6日清政府被迫派出总理衙门大臣李鸿章与德国驻华公使海靖在北京签订了《胶澳租界条约》。从此，山东省成为德国的势力范围。

1898年3月，德国侵略者为了给胶州湾内的海军提供气象信息，借口"为谋港务及航政之发展"，在青岛市的馆陶路1号，设立了一个简易的气象台，做一些气象观察预报工作。此后，因《胶澳租界条约》的签订，德国日益扩张势力，增加气象台的仪器装备。1900年4月26日，德国人将原隶属于德国海军港务测量部的气象台，正式定名为"气象天测所"，成为一个独立的机构，又扩大建造天测室。至1904年3月，新建的天测室和报时球台落成，当年4月1日即开始了报时工作。此后，德国侵略者为了确保势力范围，扩充驻军装备并将青岛港建成德军的军港，深感气候、天象观察和地磁、地震测定的重要性。于是，在1905年5月10日，将"气象天测所"迁往青岛市区的水道山。水道山海拔76.8m，自然环境优美，观测场地开阔。"气象天测所"位于水道山之巅，由此，水道山更名为观象山，这也是现青岛观象台的所在地。刚搬迁时，山上仅有观察室两间，每日的日常工作只是做3次气象观测并进行资料记录整理。1909年3月，德国政府派遣美耶曼尼(Meyesmann)博士出任"气象天测所"所长，增添了赤道仪、子午仪、地震仪、地磁仪等设备。1910年7月10日，由德国驻外舰队集资兴建的造型美观的7层石砌大楼和所长官邸在风景幽雅的观象山顶落成。这幢大楼后来被充作观象台的办公大楼。就在这一年，"气象天测所"正式开始了气象和天文方面的业务工作，最重要的是，开始用无线电对德国海军的各舰船授时和对外界发布天气预报。



1911年1月1日，德国政府将"气象天测所"更名为"皇家青岛观象台"，并明确规定其职掌范围为：气象观测、授时观测、地磁观测、地震观测、潮汐观测和地形测

量等。其下辖有济南等地的测候所十多处。“皇家青岛观象台”的成立,使得气象、天文、地磁、地震和潮汐等的观测、预报等工作能够正常持续开展,同时还负责德国海军驻军的船舰仪器的供给和检测工作,成为德国侵略势力的重要科技基地。

1914 年第一次世界大战爆发,日本加入“协约国”一方参战。为了实现其独霸中国的目的,1915 年 1 月 18 日,日本向袁世凯提出了“二十一条”。袁世凯为了换取日本支持其复辟帝制,于当年 5 月 9 日接受了日本帝国主义的要求并妄图签字换文。但终因全国人民的强烈反对,日本侵略者霸占中国的目的最终未能得逞。然而,其中有些条款已由日本侵略者强行执行,如:承认日本占有德国在山东全部特权,并加以扩大;中国沿海港湾及岛屿,不得出让或租与他国;等等。日本派兵攻占了青岛,接管了德国在青岛的一切机构,将德国皇家观象台划归日本海军临时要港部管理,并改名为“青岛测候所”。1914 年 11 月,日本政府派永田忠重暂代所长,立即恢复气象预报和授时工作。继而又恢复了无线电气象预报、天气报告和地磁、地震观测工作。1915 年 7 月,测候所又改属日本青岛守备军通信部领导,吉田得一任所长,此后又改委人间田毅为所长。在此期间又增加了暴雨预报和警报工作,开设了青岛与济南之间的气象电报传送线路。1916 年 5 月,“青岛测候所”又划归日本青岛军政长官公署管辖。为了加强对山东的控制,日本侵略军还在胶济铁路沿线设立多处测候站,形成了以青岛测候所为中心,遍布山东半岛和邻近海域的气象信息网。

1918 年第一次世界大战结束后,1919 年交战双方在法国巴黎举行和会。在美、法、英等国的袒护下,《凡尔赛和约》中竟规定德国在山东的利益由日本继承。丧权辱国的“二十一条”和巴黎和会的荒谬规定,激起了中国人民的极大愤慨,爆发了“五四”爱国学生运动。北洋军阀政府迫于国内人民的压力,拒绝在《凡尔赛和约》上签字,使山东半岛的归属问题成为悬案。当时主持和约签字仪式的美国总统威尔逊不久辞职,继任总统哈丁于 1921 年冬在华盛顿召集和远东有关的 8 个国家,连同美国一起举行了“九国会议”,主要讨论山东悬案和对待中国的权力分配问题。会议到 1922 年 2 月才结束,签订了《九国公约》。按照公约规定,山东胶州湾的主权应归还中国。1922 年 12 月 10 日正午 12 点,北洋政府正式收回青岛租界地,划为胶澳商埠,直辖于中央。青岛测候所亦同时接收,改名为“青岛测候局”,隶属胶澳商埠督办公署。当时,北洋政府委派中央观象台气象科科长蒋丙然任青岛测候局局长,并派当时东南大学气象学教授竺可桢、佘山天文台的高均参加接收事宜,蒋丙然又邀请了曾在中央观象台工作过的宋国模协助接收工作。但当他们抵达青岛后,测候所的日方人员处处刁难,只肯交出仪器、图书等物,而不交还主权也不撤出日籍人员,因此,只做了形式上的移交。后经多次交涉,胶澳商埠督办公署



与日本驻华公使于1923年2月10日签订《山东悬案细目》的8条协议。按协议规定，由中方人员任测候局局长。对日本职员以属员待遇，予以指挥监督，不支取中国政府薪俸。测候局的经费由胶澳商埠督办公署支付。1923年3月，由于胶澳商埠缩减政府机构，又将测候局改称为青岛测候所。1924年1月蒋丙然率领陈展云等七八个气象、天文方面的人员第二次前往青岛，与日籍职员办理移交。至2月15日起正式开展接收工作，当天即开始了测候工作。1924年3月1日，交接工作全部结束。至此，在德、日侵略者手中辗转26年之久的青岛测候所终于回到了中国人手中。当年5月，测候所改名为胶澳商埠观象台，蒋丙然任台长并兼任气象地震科科长，高均任天文磁力科科长。6月，观象台接替港政局每天午时施放授时午炮。

观象台自我国收回后，立即开展了天文、气象、地磁、地震、潮汐等多学科观测。1925年，向法、德等国订购了一些新的气象、天文和地震的观测设备，新建了圆顶赤道仪等。1929年7月2日，北洋军阀政府垮台后，南京政府接管青岛，观象台也随之改称"青岛市政府观象台"。1930年5月又改称"青岛观象台"，这个名称沿用至今。在此期间，蒋丙然一直任观象台台长。1930年秋，中国科学社在青岛开会期间，蔡元培、李石曾、杨杏佛等发起筹建中国海洋研究所和观象台水族馆。1933年2月水族馆落成，蒋丙然台长又兼任水族馆馆长。

青岛观象台被中国接管后，日籍职员并没有撤离中国，他们为了掌握青岛港及胶州湾的气象、地震资料，为他们的军舰出入港口服务，又在观象山另建观测所。抗日战争爆发后，日本人再次占领了青岛观象台，又改成了青岛测候所这个日本化的名字。1945年，抗日战争胜利，国民党海军接收专员办事处接管了观象台，当年12月21日，划归青岛市政府，恢复了"青岛观象台"这个响亮的名字。1946年1月8日，王华文被任命为青岛观象台台长。在他的努力下，很快恢复了在抗战期间被破坏中断的观测和研究工作。



青岛观象台自1898年成立起就是帝国主义侵占中国的产物，它经历了北洋军阀时期、民国时期和抗战时期整整半个多世纪，德、日、中三方几度易手，多次更名。青岛观象台的历史沿革与旧中国的历史变迁息息相关。它是旧中国天文事业饱受外国列强摧残的历史见证。

第二节　青岛观象台的天文仪器设备

青岛观象台虽历经劫难，但仪器设备仍不断得到补充和完善。仅与天文有关的建筑物就有：大赤道仪室，小赤道仪室，新旧两个子午仪室，等高仪及地平经纬仪基座和六分仪观测场等。

大赤道仪室于1930年7月5日奠基。圆顶直径7.3m,高12.5m,天窗有效宽度1.2m,用电机驱动,转一圈需9min。整个圆顶为石砌的三层楼,第一层地窖为贮藏室并附摄影暗室及放大室,第二层为办公室附设恒星坐标度量器室,第三层装置大赤道仪。大赤道仪内壁有一块石碑,上刻有蒋丙然撰书的《新天文台记》:

民国十九年七月辟地观象山西巅,建新天文台焉。台三层,覆以圆顶,以置新购赤道象仪,为标准天图式,法国泼林工厂制。有远镜二:一摄影用,径三十二公分;一目测用,径二十公分。仪值一千七百六十四英磅,约国币二万二千余元。中华教育文化基金董事会所补助也。台成,志其崖略。闽候蒋丙然撰并书。

大赤道仪在当时是国内最大的天文望远镜。抗日战争中,此仪器受到严重毁坏。所幸的是两块物镜和其他一些零件由于人民的保护而未被日本宪兵队偷运东渡,保证了抗战后大赤道仪很快得以修复使用。

随大赤道仪一起购置的主要天文仪器还有一具口径为8cm带有超人差测微镜的中星仪、16cm的盖氏赤道仪、4cm子午仪、5.3cm等高仪、3.4cm地平经纬仪、里弗列尔钟、标准钟、计时仪、量度仪、水准仪、六分仪和报时机等多种设备。16cm的盖氏赤道仪,主要用于观测日、月的投影成像,在其目镜一端配置有蔡司照相机和投影箱。这些仪器在青岛观象台的天文研究工作中发挥了重要作用。

青岛观象台内除了有大量仪器外,还有非常丰富的藏书。1930年2月专门成立了观象图书馆,由宋春舫任主任。馆内图书分为17类,以天文、气象、海洋、地磁、地震、物理、数学、生物等图书为主。另外,还保存有历年的观测记录,观象台自己出版的刊物及国内外寄来的资料。可惜的是,抗日战争期间都被日本侵略者抢掠或烧毁了。抗日战争胜利后,仅从日本人手中收回图书1000余册。王华文接任台长以后,提出:"以最近科学日新月异,从事钻研者,须时与最近出版界相接触,以求进步,故节约经费得以余款购买世界各国最新出版关于天文、气象、磁力、地震、海洋诸名著及著名理科杂志,以供同仁之切磋。又以本台按期出版之气象月报及学术汇刊,与海内外各有关机关商换刊物,搜集记录,以为研究之参考。"根据这一想法,自青岛观象台收复以后,每年购进很多图书和期刊。此外,观象台自行并通过中央图书馆国际出版物交换处,与各国交换期刊。交换的国家有英国、美国、法国、葡萄牙、荷兰、比利时、德国、奥地利、捷克、苏联、丹麦、挪威、瑞典、瑞士、土耳其、印度、印尼、新西兰、阿根廷、墨西哥、日本等30多个国家。观象台的藏书品种和数量逐年递增。到1948年,有关理论天体物理、实用天文、天文图像和天文学史等各类天文书籍由原有的41册增加到258册,天文期刊杂志也由250册增到951册。特别值得一提的是,馆内珍藏有青岛观象台从未因战乱变迁而中断的长期观测记录,包括太阳黑子、地磁、潮汐和气象观测,等等。这些资料对研究太阳黑子、



地磁、潮汐和气象等的长期变化和预报以及其他有关课题有极重要的参考价值，是中国近代天文学的宝贵财富。

第三节　青岛观象台的天文研究工作

青岛观象台成立以后所开展的天文研究工作大都集中在授时服务和实测天文学方面。主要内容有测时授时、日月食的预报和观测、太阳黑子观测、小行星观测、星团星云观测、实用方位天文观测、历表的编制和改进以及古天文资料的整理和研究等。

一、测时和授时工作

青岛观象台的测时工作开始于德军占领时期，从 1904 年就采用口径 4cm、焦距 25.5cm 的折轴式中星仪进行时间测量。1926 年，购买了等高仪、无线电发报机、标准计时钟等仪器，大大提高了时间测定的精度。抗日战争期间，测时系统遭到破坏，直至 1946 年 3 月，才恢复了子午仪和等高仪的测时工作。

授时工作是青岛观象台最主要的时间服务项目。在德国刚占领青岛时期，报时工作是由青岛港政局负责的，每天正午施放午炮，以便居民对时。后来，授时工作改由青岛观象台负责，1924 年 8 月起改用电放炮。1926 年 4 月，购进了无线电发报机，开始采用无线电报时和授时。1927 年 7 月用电笛代替电流放午炮，同时在青岛市内的主要道路口和大的机关单位也都设置了时钟，统一由青岛观象台的标准钟控制对时。抗战期间，青岛观象台遭受破坏，时间服务工作趋于停顿。抗战后的 1946 年下半年才逐渐恢复授时工作。电笛报时由正午的一次改为早晨 6 时、中午 12 时和晚上 18 时每日 3 次(1947 年 9 月停止)。每日还通过青岛观象台自办的波长为 26m 的电台在晚 20 时向市民播发古铜钟声。另外，用无线电报授时两次。青岛观象台还办理电话询时业务并与青岛广播电台联合采用 260m 波长向国内其他城市授时。青岛观象台的时间服务工作开展得比较早，精度也比较高，对当时的科学技术发展和人民日常生活都起到了很大的作用。



二、太阳黑子的观测和记录

青岛观象台的太阳黑子观测工作始于 1925 年 5 月，当时采用口径为 16cm 的小赤道仪，所得的太阳投影直径为 18.2cm，太阳的黑子和日斑在太阳投影像上清晰可见。除了阴雨天无法正常观测以外，每天都测绘太阳黑子图一幅并对黑子逐一编号。在遇有大黑子出现时，还专门拍摄照相底片。太阳黑子观测工作一直持

续到1937年抗日战争爆发才被迫中止。抗日战争胜利后，1946年恢复投影观测，所得的观测结果都刊登在青岛观象台出版的《天文半年刊》中。1948年青岛观象台建台50周年时，将历年所得的太阳黑子观测记录整理刊载在《青岛观象台建台五十周年纪念特刊》上。这些记录保存了1925年以来的太阳黑子活动的第一手观测资料，对研究太阳的活动具有很重要的参考价值。例如，1926年1月24日的第258号黑子是1925年至1937年间所观测到的最大的黑子，面积有3000分（以太阳半球面的百万分之一为一分），位于日面经度32°，纬度＋22°处，历时两月有余。1946年至1948年间最大的黑子是1947年4月8日出现的第40号黑子，位于日面经度80°，纬度－20°处，面积为3914分，历时42天，等等。这些观测资料都是很珍贵的。

三、日食、月食的观测和计算

青岛观象台在1948年以前参加的日食观测共有3次。第一次是对1936年6月19日发生的日全食进行观测。此次日全食的见食区域在西伯利亚到日本北海道一带，我国境内仅可见日偏食。为此，青岛观象台选派特约研究员李珩携带32cm口径的望远镜镜头与当时任中央大学物理系教授的张钰哲会合，同赴苏联的伯力市进行观测。原打算拍摄日全食时的日冕照片，测定日食时刻和天空暗黑程度等，由于天气不好使观测工作无法进行。李、张二人只好乘海轮返回，后来他们两人联合撰写了一篇《伯力观测日食报告》，刊登在1936年9月出版的《宇宙》第7卷第3期上。除派李珩参加观测外，在此次日食期间，青岛观象台还在青岛本地做了日偏食时的气象和地磁活动情况的测定和记录。

第二次是对1941年9月21日发生的日食进行观测。当时正值抗战期间，青岛沦陷于日寇之手，观象台工作濒于瘫痪。因此日食观测仅限于拍摄几张日食照片而已，未得其他资料。

第三次是对1948年5月9日的日环食进行观测。在日环食发生前就对环带区域和环食可见的各主要城市的食象进行了计算和预报，并且对环食带内的16个主要地市以及环食带外南起西沙群岛，北迄黑龙江，西自疏勒，东至长江口的广阔偏环食区内的78处地点所能见到的食象方位、时刻绘制了图表，附加中英文说明，登载在青岛观象台刊发的《学术汇刊》第2号上，广为散发，供国内外人士观测日环食参考。在日环食发生时，青岛观象台的观测研究人员共进行了5项工作：①利用口径为16cm的小赤道仪对太阳进行投影观测，每隔5min描绘一幅日面图，从而定出初亏、食甚和复圆的时刻和方位；②用32cm大赤道仪拍摄日食过程的照片，每隔20min拍得一幅照片，另外还用8cm口径的望远镜装上电影摄影机拍摄日食



的电影；③利用摄谱仪拍摄日食各阶段的太阳光谱；④在青岛市东南西北四个方位各选择两处安放电台，在日食前后数日内测定电波强度以研究电离层的变化；⑤为了测定日食对气流、风向、风速和太阳辐射强度的影响，在观象台周围安置了大型温度和风向风速自动记录仪，每隔两小时记录一次，又利用自制的黑白球日射表，每5min测定一次太阳辐射强度和气压的变化。由于对这次日环食工作做了充分的准备，天气也很好，因此观测非常成功。特别是所拍摄的光谱和日面像都很清晰有效。这次日食在国内只有青岛观象台观测成功，所得的观测资料非常宝贵。

除了观测日食外，青岛观象台还组织了多次月食观测。其中以1946年12月8日的月食观测最为成功，观测人员不仅将初亏、食始、食甚、生光、复圆时的月面做了描绘，并由此定出月食各过程的方位、时刻。此外青岛观象台还将此次观测的结果整理成册，出版发行了专刊《月及月食》。

四、万国经度测量工作

1925年7月，在国际天文学会的大力倡导下，国际天文学会、国际测绘学会和国际地质学会在英国剑桥召开会议，决定共同发起组织万国经度联测活动，以求确定一批精确的经度测量点。万国经度联测委员会主席、法国的费利巴将军特邀中国青岛观象台和徐家汇天文台参加联测活动。1926年7月，北洋政府教育部批准并下令委任当时的青岛观象台台长蒋丙然负责主持参加万国经度测量事宜。同年8月青岛台向青岛胶澳商埠局呈交了参加测量工作所需购置仪器设备的预算表，获准拨款5000元购置了等高仪、无线电发报机、电钟和时辰计等仪器。青岛观象台成立了以高平子为主任、宋国模为主测员、徐汇平为副测员的测量小组，测量点确定在观象山的东巅，大赤道仪旁边的一间屋子里，观测时间定为1926年10月1日至11月30日。由于所定购的等高仪没有运到，只好采用青岛台原有的小子午仪和自动计时仪等设备。又因无线电发报机直到11月中旬才运到，因此在11月中旬以后的测量结果才被承认有效，最后测得这个经度点的经度为$08^h01^m16^s.812\pm0^s.007$。这个结果精度较高，万国联测委员会主席费利巴致函称赞道："贵台所测经度成绩优良，盖为各国所钦佩。"青岛观象台在1928年出版印行了高平子所撰写的《参加万国经度测量成绩报告书》。

1933年，青岛观象台又参加了第二次万国经度测量，同时参加的还有中山大学天文台。从1933年10月1日至11月30日进行了为期两个月的测量。经度点选在观象山正南的平房内，参加工作的有李珩等7人。最后测得该经度点的经度为$08^h01^m16^s.356\pm0^s.001$，此结果与第一次观测结果相当吻合。有关第二次万国经度测量的情况刊登在1935年10月出版的《宇宙》杂志第6卷第4期上由李珩编



写的文章《青岛观象台参加国际经度测量成绩报告》中。

为了纪念这两次经度测量活动，1984 年 8 月中国天文学会决定在青岛观象山北侧筹建“万国经度测量纪念碑”，由当时的中国天文学会会长张钰哲先生题写了碑名。在碑记中指出：“青岛观象台参加这两次万国经度测量工作，系我国近代天文界参加的最早两项国际联测活动，并取得好成绩，得到国际赞誉，为此树碑纪念。”

五、其他研究工作

青岛观象台成立 50 年间，所开展的天文工作是非常广泛的，成绩也是十分卓著的。除上述的一些重要研究工作外，还参加了太阳视差的国际观测合作，此项工作是在 1931 年由李珩主持进行的，他们利用小行星“爱神星”大冲观测定出太阳的视差值为 8″.7984±0″.0004。这一观测结果在当时是极为精确的。

青岛观象台还利用大赤道仪从事双星、变星、色指数测定等天体物理工作。此外连续多年坚持逐月编算发行有关各种天象，如日月出没、七大行星运行方位、日月食、掩、彗星和流星群出现等的历书和历表，为宣传和普及天文工作作出了贡献。





第十三章　徐家汇观象台和佘山观象台

第一节　建台历史

一、徐家汇观象台的创建

帝国主义对中国的文化入侵，首先是从教会传教士一批又一批地进入中国传播天主教或基督教教义开始的。鸦片战争以后，西方列强在上海侵占了各自的租界地，并且成立了上海公廨，作为统筹和协调各国租界事务的凌驾于清政府之上的机构。从此，英、法等各国的传教士陆续来到上海，以此为据点设立教堂发展教徒，扩展教会势力。为了博得中国封建统治阶级的支持和广大教徒的信任，他们在传播教义的同时又将西方先进的天文、历算和气象等方面的知识传入中国，在客观上对中国的科技文化发展起了推动作用。徐家汇观象台就是在这种形势下创建和发展的。

据法国《气象》杂志 1976 年 4 月号刊登的一篇有关徐家汇观象台创建史的文章介绍说："公元 1842 年，法国天主教耶稣会派遣了第一批三名传教士，他们带了一架极好的望远镜，还有一些别的仪器在上海附近登岸。公元 1844 年继他们之后，又来了另外五位。公元 1848 年又派送了十三位。……公元 1865 年，亨利・勒莱克神甫(Henri Le Lee，1832—1882)在上海董家渡地区开始了气象观测工作。但只是从 1872 年 12 月才开始连续不间断地保存观测记录。同时又在离董家渡 8km 处的徐家汇肇家浜西岸(今蒲西路 221 号)建立了一个观象台。"这个观象台是外国教会在中国土地上最早建立的一座天文台——徐家汇观象台。



初建的徐家汇观象台实际上是一个气象台，以观测气象为主，其目的是为上海沿岸日益增加的外国航船预报天气风向等服务。以后又增加了地磁、地震等观测记录工作。至 1844 年才正式开始观星报时等项天文工作，天文研究方面的力量十分薄弱。

二、佘山观象台的创建

为了更多地开展天文观测和研究工作，当时的徐家汇观象台台长法国人尼恩

斯设想建立一个天文部，购置和安装精良的赤道望远镜，从事天文观测工作。于是，徐家汇观象台同时向上海公廨和法租界提出申请。要求得到 1 万法朗的财政款项用于购买和建造望远镜。当时的上海公廨市政委员会主席斯科特(M. J. L. Scott)是一个天文学家，徐家汇观象台的设想博得了他的大力支持。此后，上海租界纳税人大会也一致通过给予徐家汇观象台财政资助，以奖赏观象台多年来为上海港提供的气象和授时服务。上海法租界的行政委员会也一致同意拨款 1 万法朗，至此建造天文部所需的两万法朗经费已筹措齐全。不久，航运公司和海事保险公司又共同资助观象台 1 万法朗。充足的经费使原来仅设立一个天文部的设想得以扩充，观象台台长决定专门建立一个天文观测台，委托法国巴黎的望远镜设计专家高狄耶(M. P. Gautier)制造一架能用于目视和照相观测的双筒望远镜，两块物镜的口径都是 40cm，焦距是 7m，这架望远镜的性能可以与当时世界上最好的望远镜媲美。望远镜的圆顶建筑是委托巴黎的 M. Gilon 设计承建的。

徐家汇观象台天文部的创建人是法国人博赫帕(R. P. R. de Beaurepaire)，望远镜的安装和管理工作由他主持。1898 年当定制的望远镜和圆顶部件运到上海时，他发现上海徐家汇观象台的地基不适宜安置这么庞大的仪器，于是决定重新选址。1900 年决定在上海西南郊 25km 处的佘山山顶建造一个新的观象台——佘山观象台。

佘山包括两个山头，一个在东边称为东佘山，另一个在西边称为西佘山。佘山观象台建筑在西佘山上，西佘山又称为教会山，是松江平原上最高的山头，山巅的海平面高度为 99m。西佘山的西部山峰顶上有一座 1871 年建立的天主教圣母堂。东边山脊上则建造了与教堂同一水平面的佘山观象台。佘山观象台始建于 1899 年底，1901 年即告竣工。主体建筑呈法国古典城堡式，圆顶直径为 10m，高居其他建筑物的中央。圆顶西边的建筑是宿舍和办公室，东边是子午仪室和图书馆，南边是计算室。地下室是机械车间。图书室下面设有照相暗室及照相制版和印刷工作室。整个建筑美观实用。在《佘山观象台年刊(1901—1905 年)》上有人撰文赞曰："教堂与观象台并肩耸立，互为友邻，被看做弘扬造物主荣光的两个场所，一个有助于阐发天堂的庄严，观察无穷苍溟的光辉；另一个为在祈祷中寻找上帝的灵魂提供光明和力量。"原来，建天文台的目的还是为了上帝。

三、两台一体的沿革

佘山观象台实际上是徐家汇观象台的天文分部，始建时由法国教会神甫出任总台长。1901 年，在徐家汇观象台原址的西偏南 100m 处，又另建新址，成立徐家汇观象台，主要进行气象、地磁、地震和授时等工作。由于上海市内交通日益发展，



徐家汇附近受有轨电车的干扰，使地磁监测工作无法进行。几经酝酿，于1908年初将地磁观测研究部分迁往上海以西40km处的陆家浜，成立了陆家浜地磁台，仍隶属于徐家汇观象台。因此，在20世纪初期出现了徐家汇观象台的三台一体制。至1929年又酝酿把陆家浜地磁台合并到佘山观象台。经过几年的监测，终于在1934年初决定将陆家浜地磁台正式转迁到佘山观象台，此后便形成了两台一体的行政管理系统。

抗日战争期间，徐家汇观象台的主楼建筑被炸毁，法国政府也内外交困，撤走了大批神职研究人员。幸好佘山观象台的建筑物未受很大破坏。抗战胜利后，法国经济萧条自顾不暇，徐家汇观象台和佘山观象台经费拮据，管理混乱，人员大量流失，无力添置新的仪器和开展学术研究，仅能维持日常的气象、天文、地磁和地震的监测记录工作。

徐家汇观象台和佘山观象台从建台初期的几个人发展到20世纪40年代末总人数近百人，其中法国的神职人员有10多个，中国的工作人员80多人，是一个在亚洲和世界有相当知名度的天文台。历任的总台长有尼恩斯、蔡尚质、劳积勋、雁月飞、矛若灵等神职人员。佘山观象台台长是蔡尚质、葛式、卫尔甘。陆家浜地磁台台长为马德来。他们都为两台的创建和发展作出了重要贡献。

第二节 主要的仪器、图书和出版物

自徐家汇观象台和佘山观象台创建后，掌管两台的前几任总台长都是法国天主教的神甫，也都是出色的天文学家和观测手。为了开拓天文工作，他们竭力筹措资金，陆续购买添置了一些天文仪器、图书和辅助设备。徐家汇观象台主要的天文仪器有：

(1)中星仪两具：一具是口径80mm，长83cm的自动无人差中星仪；另一具是口径90mm，长90cm的中星仪；

(2)收发报机一套；

(3)计时仪两具，其中一具是打字式计时仪；

(4)等高仪一具；

(5)恒压恒温天文钟两具；

(6)平时钟三具和那丁计时表数具。

为了参加国际经度联测，徐家汇观象台修建了钟房和观测室。

佘山观象台的主要天文仪器有：

(1)口径40cm、焦距7m的双筒大赤道仪一架。这架仪器与当时巴黎天文台用

做照相天图观测的仪器是同一类型的，它由两架平行的望远镜构成，一架用于目视观测，一架用于照相观测。望远镜采用牛顿式装置，极轴安放在南、北两个支架上。两个望远镜的光力是一样的，两块物镜的口径都是40cm，焦距分别为7m和6.9m，整架仪器重达3t，但转动十分灵活。大赤道仪还附加有灵活而精密的动丝测微器。

(2)口径10cm、焦距1.4m的小赤道仪一架，这架仪器主要从事造父变星的照相观测。

(3)太阳分光仪及其附属设备：彗星照相仪、太阳偏振镜、黑子照相仪和底片量度器等。

(4)子午仪，即可携式子午环。子午仪望远镜的口径为60mm，焦距60cm，度盘直径20cm，分划度为10′，可读至10″。这架子午仪还附有一台恒星钟和三台计时仪。这台仪器被运往多处进行观测，在1897年至1898年用它测定了长江沿岸好几个城市的位置，后又加入法国经度局系统用以测量经度。

(5)其他仪器包括两台用于量度底片的显微量度仪，数架用于气象观测、地磁监测和地球物理试验的仪器设备。

自两个观象台创建以来，就设立了图书馆和资料室，至解放前夕图书馆内有关天文、气象、地学、仪器和技术方面的藏书多达1万余册，还有各类自己出版的学术刊物和与国内外天文单位交换的期刊资料20余种。

台的出版刊物有：

(1)《佘山观象台年刊》，从1907年到1942年共出版42卷；

(2)《气象与地磁观测月报》，从1874年开始共出版70余卷；

(3)《地震记录》，共出版10卷；



(4)《物理气象记要》，共出版10卷；

(5)《地磁公报》，从1908年到1945年共出版25卷；

(6)《天文年历》，共出版31卷；

(7)特殊天象记事、大事记和回忆录等多卷。

这些资料都完好地保存至今，为后人留下了一笔宝贵的财富。

第三节　徐家汇观象台的主要研究工作

徐家汇观象台建台初期主要是为外国海轮进出上海港进行时间和气象服务。此后，这些工作，特别是时间服务工作成为徐家汇观象台的特色。由于科学技术的进步，仪器设备的增加，徐家汇观象台在实用天文学、天体的定位和归算以及地面经度精密测量方面也开展了很多研究工作。归纳而言，主要有以下几方面的研究



成果。

一、授时和报时服务

徐家汇观象台利用本台的子午仪和中星仪等天文观测仪器和一整套钟房设备，采用天文测时方法确定精确的时间，而后进行无线电授时。无线电授时的呼号为FFZ，波长为650m，每日上午11时及下午7时各授时一次。此外，徐家汇观象台还在上海外滩的法国码头建立信号塔，向进出船舶和市民报告标准时间。每天发播标准时间信号两次，一次是中午11时55分和12时整用信号塔顶降落子午球来报时，另一次是晚9时用熄灭塔顶上的灯光为信号来报时。授时和报时工作一直坚持进行，而且在时间精度和方法技巧上不断进行改进，为航运事业、科技发展和人民生活作出了贡献。

二、天气预报

进行气象、风向风速等的监测预报工作，特别是对威胁舰船航行和人民生活的台风进行预报。1879年7月31日至8月1日有一股强台风袭击上海，造成严重破坏。徐家汇观象台曾预测到台风可能移动的方向，并收集了大量有关台风的资料整理成文发表。文章发表后引起了各界人士的重视，上海万国商会一致通过筹建一个气象部门专门对气象、台风等进行预报和研究。该台立即响应并表明愿意无偿为各国海运和中外商业界提供气象和台风警报服务。此后，徐家汇观测台除隶属法国天主教会外，又正式隶属于中国海关海运司。自1882年起，徐家汇观象台每天在上海的报纸上刊登当地的天气预报。1884年法租界当局又在靠近公共租界的法国码头上设立了一个信号站用于气象和台风服务，信号站与徐家汇观象台之间有直线电话连通。几年后，在中国海关、邮政电信局、航运公司和法租界行政机关的通力合作下成立了一个专门的气象部门，它仍隶属于徐家汇观象台。自此以后，观象台的气象服务由此专职部门负责，一直没有间断和停止过工作。气象部通过有线或无线电接收机每天至少两次可接收自西伯利亚到马尼拉和自越南至太平洋中部的关岛两条沿线上设立的50多个气象站发送过来的气象观测资料，再加上在海上航行的轮船发来的天线电报资料共有200多份的气象资料。这些资料汇总到徐家汇观象台经过归算而后标记在气象预报图上以供天气预报之用。这些长年累月的常规服务工作是非常繁重和复杂的。徐家汇观象台的气象服务工作得到了社会各界的极大重视和支持，也积累了十分丰富的研究资料。这项工作直至中央研究院气象研究所成立后才正式移交给有关的气象台站。



三、参加万国经度联测作出重要贡献

与青岛观象台相似，徐家汇观象台和佘山观象台也参加了分别于 1926 年和 1933 年进行的两次国际经度联测工作。其中尤以徐家汇观象台为主，它是联测网基线上的三个顶点之一，在国际经度联测中起了重要作用。

1. 第一次经度联测

20 世纪初由于无线电技术的应用使测绘精度有了明显的提高。为此，国际经度委员会决定于 1926 年 10 月 1 日至 11 月 30 日，用两个月的时间组织国际经度联测。事前已提出在全球范围内选取 3 条基线，其 3 个顶点组成一个近似的等边三角形，这样可以达到最高测量精度。根据大致归算，位于接近 30°的纬圈上有 3 个台站基本满足这一条件，即：

阿尔及尔天文台($\lambda=0^h12^m8^s.0E$，$\varphi=+36°47'.8$)；

徐家汇观象台($\lambda=8^h05^m43^s.0E$，$\varphi=+31°11'.55$)；

圣迭戈天文台($\lambda=7^h48^m40^s.0W$，$\varphi=+32°42'.0$)。

据此，联测计划的组织者从一开始就竭力促成徐家汇观象台参加联合观测。徐家汇观象台在 1925 年 9 月收到由法国巴黎寄出的以国际经度委员会主席费利巴将军的名义发布的联测公报。公报上阐明了关于实行万国经度联测的决议，要求徐家汇观象台考虑是否能够保证按预定的计划执行。在综合考虑时间和仪器设备等条件后，徐家汇观象台决定接受联测方案，参加国际合作。由于佘山观象台离上海市区比较远，通讯联系不方便，因此不参加经度联测工作。

为了参加这次联测工作，在当时的台长蔡尚质神甫的领导组织下，做了以下几方面的准备工作：

首先，在徐家汇观象台内新建一个钟房，重建了中星仪观测室，以便安放标准钟和中星仪。重建的观测室包括两间观测房，分别安放帕兰中星仪和棱镜等高仪。帕兰中星仪是徐家汇观象台参加国际联测所用的主要天文仪器，它的口径为 10cm，附有用电动机牵引的超人差测微器。棱镜等高仪是由法国精密光学机器公司制造的。新钟房内安放了两台常压下的时钟、无线电接收机、时钟比对信号记录仪、计时仪和信号发送器等。

其次，对联测所用的各种仪器进行检测以保证测量精度，其中最主要的是对帕兰中星仪的检验和校准。在联测前，观象台组织了技术人员对中星仪的枢轴的旋转和水准管进行了检验，测定了枢轴的不均匀性和水平差。还对螺旋测微器的螺旋周值、接触的持续时间和齿隙差三个方面进行了测量和计算。

最后，组织和培训观测人员，在人力上为联测工作做具体准备。当时徐家汇观



象台的台长是蔡尚质,他除了身体力行参加观测外,还负责全面的调度安排观测员和观测时间。参加第一次国际经度联测的人员大约有20多人,其中参加观测的主要人员有卫尔甘(P. de IaVillemarque')神甫,他负责等高仪的观测,两个年青的中国人蓝林芳、连步洲和蔡尚质,负责中星仪的观测。1926年9月,法国尼斯天文台台长Fayet前来协助和训练观测人员,他在子午仪观测和等高仪观测上有丰富的经验。他带来了一架质量很好的棱镜等高仪。并一直坚持参加观测,在他的带领下,观测水平有很大的提高。

在培训观测人员的同时,蔡尚质台长还组织了一支量度和计算的队伍。因为每个观测夜计时仪会打出大量的等高仪观测和子午仪观测的记录纸带,最多时一个夜晚的纸带有300m左右。按照联测要求,这些记录的读出和量度精度要达到0.01秒。计量工作量十分巨大。除3名年青的观测人员也要参加资料处理外,还从其他部门抽调了5名人员专门负责记录纸带的量度和归算。

由于准备工作做得很充分,1926年10月1日至11月30日两个月的联测进展很顺利。Fayet选择了大量的对测时和测纬都很有利的观测星体,采用子午仪和等高仪同时进行观测,共观测了39个夜晚,计有66个星组(每观测夜的子夜前、后各算一个星组),共观测了1 101个星次。由于天气和仪器等原因,最后归算结果时仅选用了10月13日至11月15日之间的观测资料。先根据子午仪观测的结果和所接收到的时号推算出相关台站间的经度差,最后再算出本站的经度。本次联测所得的最终结果是:

1926年11月1日徐家汇观象台相对于英国格林尼治天文台测得的经度为$8^h05^m42^s.891\pm0^s.005$。

同一时间相对于美国加利福尼亚州圣迭戈天文台测得的经度为$8^h05^m28^s.724\pm0^s.003$。



2.第二次经度联测

国际天文学会的经度委员会决定在第一次联测完成的7年后,即1933年10月1日至11月30日再度举行第二次国际经度联测。由于第一次观测相当成功,第二次仍然邀请徐家汇观象台参加,同时参加的还有青岛观象台。

由于第一次联测的成功,徐家汇观象台的观测和技术人员都取得了相当丰富的经验。仪器和量度计算仍沿用第一次的,观测的安排方法和组织也与前相差不大,只是人员上有所变动。因蔡尚质神甫已经故世,由Burgaud神甫暂时代理台长并兼任时间部主任,他和龚惠人等三人负责第二次经度联测中的所有时号接收工作。法国尼斯天文台的Fayet台长仍然前来协助和参加这次联测,以保证观测的精度。另有两个法国工作人员P. Lejay、E. Lord和中国观测人员龚惠人参加观测。

Fayet 一直工作到把所有的记录资料纸条都量出和归算了部分资料才返回法国。由于卫尔甘神甫事先编制了所有的被观测星的赤经星表,使得事后的归算处理工作进展比较迅速,在 Burgaud 的指导和帮助下,龚惠人完成了其余观测资料的归算,另一个中国人顾德麟处理了所有接收到的时号。

根据归算处理的结果求出了 1933 年 10 月 1 日至 11 月 30 日之间,徐家汇观象台与格林尼治天文台、圣迭戈天文台、东京天文台、马尼拉天文台、华盛顿天文台之间的经度差和平时钟钟速改正曲线。并由此进一步修正第一次经度联测所得的经度。

徐家汇观象台在两次国际经度联测工作中取得了显著的成绩,作出了重要的贡献。

第四节　佘山观象台的主要研究工作

佘山观象台自 1901 年建成以后即开始了正规的天文观测和研究工作,取得了丰硕的成果。

一、太阳观测和研究

太阳观测从 1904 年开始,是佘山观象台的一项主要研究工作,其观测研究内容包括:

1. 太阳黑子的观测和研究

对太阳黑子进行观测计数和描绘黑子在日面上的经、纬度分布。研究太阳黑子与地磁扰动的关系,得出太阳黑子群出现的序号,在日面的位置与地磁扰动的起始时刻和强度的对比关系。观测和记录日面边缘黑子的威尔逊效应。

2. 太阳耀斑的观测

观测和记录耀斑中心的日面经纬度、大小、平均亮度和相对于北极的位置角。

3. 日珥观测

观测和记录日珥的出现时刻和形态。对日珥进行照相和描绘并进行分类。1908 年有 410 个日珥记录,1909 年一年内记录了 428 个日珥。

4. 太阳光球的观测

利用 40cm 折射望远镜拍摄日面的放大像,拍摄光球,从而分析研究光球上的米粒组织和黑子的精细结构。

5. 太阳自转速度和太阳直径的测定

根据佘山观象台 1905 年至 1908 年利用 40cm 折射望远镜拍摄得到的太阳像



和观测资料，分析光斑在日面上的移动，得出关于太阳自转速度测定的经验公式：

$\varepsilon=14^{\circ}.470-2^{\circ}.268\sin^{2}\lambda=868'.2-136'\sin^{2}\lambda$，λ为日面纬度。

1910年利用1905年以来的观测结果得出太阳的平均半径为31′59″.93，此值与当时公认的太阳平均半径值31′59″.26非常接近。1914年又利用所得的资料研究地球大气散射对日面观测的影响。这些研究分别刊登在1910年、1914年和1916年出版的《佘山观象台年刊》上。

6. 日食的观测

佘山观象台组织了1907年1月14日的日食观测，并且作了详细的记录和研究，结果发表在1907年的《佘山观象台年刊》上。

二、星团和星云的照相观测

1. 星团观测

佘山观象台一向对银河星团的照相观测和研究十分重视。从40cm大赤道仪安装成功后，就开始了这项工作。在1912年至1943年，曾对NGCl750、1817、2682、2437、2548、6656和7380等星团进行过照相观测研究。这项系统研究分两期进行，第一期是在1912年、1916年、1918年和1919年观测的，主要观测者是蔡尚质等人，其中对NGC2682(M67)、2437(M46)和6656(M22)三个星团的研究结果分别发表在《佘山观象台年刊》上(第8卷8b,1914年；第9卷9d,1916；第10卷10c,1918)。第二期研究是在1930年、1935年和1943年先后进行的，观测者主要是第二任观象台台长葛式(L. Gauchet)和连步洲。计算工作是由卫尔甘神甫做的，他当时是副台长，后来他继葛式当了台长。1946年，卫尔甘逝世后，这项工作也就终止了。



2. 星云观测

佘山观象台在1902年就开始着手对星云进行照相观测，曾拍摄到仙女座大星云、狮子座星云、猎犬座星云、宝瓶座星云、天琴座星云和猎户座星云等的照片。观象台的第一任台长蔡尚质神甫主持了这些观测工作，他去世后，第二任台长葛式对他在1902年至1923年拍摄的6张底片进行了归算并测定了这些星云和星场内恒星的坐标和自行。在1930年第18卷《佘山观象台年刊》上发表了有关猎户座星云的研究结果。

三、恒星的照相观测和方位观测

从1906年开始对双星和聚星进行照相观测，有时还作目视观测。1926年葛式台长曾对20年来积累的照相底片进行了处理分析，用于对赫歇耳星表的1 122

颗双星重新检测校正。

佘山观象台在蔡尚质台长的组织下将清代的《钦定仪象考成》一书译成法文，考订了书中乾隆年间所测量过的3000多颗恒星的西文名称。对于该书中适合于观测的恒星做了照相观测。蔡尚质还主编了包含14268颗恒星的—50°至＋50°赤道带的照相星表，列出了以1920年为历元的恒星赤道坐标，计算了岁差章动，最暗的星等直至$11^m.5$。这个星表发表在1928年出版的《佘山观象台年刊》第15卷上。

四、新星的照相观测

1918年6月对出现在天鹰座和巨蛇座边界上的一颗突然变亮的新星进行观测。起先是做光谱观测，从7月14日开始至12月8日连续不间断地做星等观测，确定它当时的星等是$10^m.5$，赤经为$18^h44^m43^s.49$，赤纬为$0°29'30''.3$。

五、彗星的照相观测

佘山观象台在建台的头11年内，一共观测到了6颗彗星，它们分别是：

Perrine—Borrelly彗星(1902b)，在1903年2月3日至3月共观测6次，星等为13等；

Giacobini彗星(1902d)，在1903年4月17日和18日观测；

Borelly彗星(1904e)在1904年3月27日和4月4日观测两次；

Daniel彗星，在1907年8月11日至24日观测；

Halley彗星，1909年12月至1910年5月连续观测多次；

Brooks彗星(1911c)，1911年观测。

六、大行星的照相观测

从1907年开始对火星和土星做照相观测。1910年12月通过照相定位观测测定土星和它的6颗卫星的位置。1908年、1911年观测了木掩星。1913年至1914年拍摄了大量土星的照片，用于测量土星的直径而后研究大气散射对土星星相的影响。

七、小行星的照相观测

大赤道仪安装好后，即开始了长期的系统性的小行星照相观测。蔡尚质台长拍摄了许多小行星的照片。另一位日籍神甫国土桥八千因精通数学和力学，主要从事小行星运动的研究。他们于1907年和1908年相继在当时世界著名的学术刊



物——《德国柏林皇家天文研究公报》上发表小行星观测报告和4颗小行星星历表。1909年又发表了9颗小行星星表。在20年代又应德国天文研究所之邀计算了50颗小行星在1930年至1940年的摄动坐标并将结果寄往该所汇总发表。

从30年代开始，小行星运动的研究成为佘山观象台很有特色的工作，其研究内容主要有小行星照相定位观测、计算小行星的轨道根数和特殊摄动、计算木星和土星对Flora群和Hungaria群小行星的普遍摄动和一些小行星的平均轨道根数和摄动项、编制小行星星历表等。此外，佘山观象台还参加了1930年至1931年对小行星Eros的国际联测工作。

八、月亮观测

对月亮的观测和研究包括两个内容：①关于月面直径和形状的测定与研究。此项工作是在1913年至1914年间进行的，描绘出了月面边缘相对于一个平均"地平"在各个方向上的起伏和轮廓图。结果发表在1915年出版的《佘山观象台年刊》上。②关于月掩星的观测和研究。此项工作开始于20年代中期，主要由卫尔甘负责。当时法国天文学家M. Brown为了检验他所编制的月历表，请求佘山观象台对月掩星进行目视观测，观测结果汇集后发表在天文期刊*Astronomical Journal*上。



第十四章　民国时期的国立中央研究院天文研究所

第一节　天文研究所的历史渊源

1927年南京国民政府成立以前,中国已相继成立了三个天文研究机构,即:中央观象台、青岛观象台和徐家汇观象台(含佘山观象台)。关于这些观象台的创建和业绩,前几章中已叙述过了。纵观这些机构的史实,不禁令人十分感叹。对于一个具有5 000年文明史,有着灿烂辉煌的古代天文学历史的中国,到了20世纪的初期它的科学事业落后衰败,满目疮痍。尤其是天文学已经远远落后于西方国家了。中央观象台只是接管了清王朝钦天监的一点遗产,在北洋军阀统治下终因经费拮据、时局混乱而得不到开拓和发展,最后随着北洋政府的垮台而撤销。青岛观象台、徐家汇观象台和佘山观象台则是由德国侵略者和法国天主教会设立和筹建的,是为他们在中国实行文化、宗教、科学的侵略服务的,中国人没有主权,只能在洋人的指挥下进行观测和研究,成果是洋人的,如一年一册的《佘山观象台年刊》都是用法文出版的。

相比之下,1927年南京国民政府成立后筹建的国立中央研究院却让中国人民为之振奋,因为它完全是由中国政府、中国的科研人员支持和组成的。我们可以行使主权,独立地进行研究工作。天文研究所是国立中央研究院成立后下设的第一批研究机构之一,它在中国近代天文学上有着最显著的地位,它的下属部门主要是紫金山天文台和凤凰山天文台。在此,我们先追溯一下天文研究所的历史渊源,在后面章节中我们将详细介绍紫金山天文台和凤凰山天文台的建台历史和演变。

1927年4月12日蒋介石叛变革命在南京另立国民政府后,即以中央政府自居,效法于各代皇帝刚刚登基的做法,先要颁布历法,以示南京国民政府的正统地位。为了赶编当年的历书,首先在教育行政委员会内附设了一个时政委员会,任命原中央观象台台长高鲁主持时政委员会的工作,负责编制国民历书,这就是南京国民政府最早的天文工作部门。

高鲁任职后,聘任从原青岛观象台调来的陈展云和从中央观象台天文科调来的陈遵妫为时政委员会委员。时政委员会成立后立即着手编制1928年的历书,根据陈遵妫在中央观象台已推算的原稿制成《民国十七年国民历》。由于南京国民政



府在1927年下半年进行改组，撤销教育行政委员会，实行大学院制，时政委员会也随之撤销，所赶制的新国民历书由大学院委托上海中华书局印刷颁行。

按照大学院的建制，内设中央研究院、教育行政处和秘书处三部分。而中央研究院内预定要设置若干个研究所，一个自然博物馆和一个观象台。根据当时国民政府的部署，中央研究院最先设立的研究机构是观象台，成立观象台筹备委员会，观象台内包括天文、气象、地磁等观测研究。观象台的筹备委员会由三个人组成：高鲁、竺可桢和余青松。当时余青松因厦门大学任教合同未满，暂没有到任参加筹备工作。高鲁和竺可桢分别负责天文组和气象组的筹建工作。原来的时政委员会撤销后其成员并入观象台的天文组，编制历书工作也划归天文组负责。大学院院址设在南京成贤街15号，观象台筹备委员会的办公室也设置在大学院内。

大学院制在1927年底被南京政府否决。重新设教育部和国立中央研究院分管教育行政和科学研究。随之，在1928年2月，观象台筹备委员会的天文组和气象组也更名为国立中央研究院天文研究所和国立中央研究院气象研究所。经历了时政委员会到观象台筹备委员会天文组近一年的变革后，中国近代最重要的天文研究机构——国立中央研究院天文研究所正式宣告成立，这个机构的名称一直沿用到1949年4月23日南京解放为止。

1928年天文研究所最初的办公地点是原观象台筹备委员会为气象组修缮的“鼓楼测候所”，聘任人员有：

高鲁为天文研究所所长，专任研究员；

高平子为天文研究所专任研究员；

陈遵妫为天文研究所专任研究员；

陈展云、李峰为助理研究员；

叶青为推算员；

殷葆贞为书记员。

1929年1月，高鲁因出任驻法国公使而辞去天文研究所所长职务，继聘余青松为所长，但因余青松与厦门大学的任教合同期未满，暂不能出任，期间由高平子担任代理所长至1929年7月。余青松在任期间聘请当时的国立中山大学天文台台长张云博士、教授赵进义博士、青岛观象台台长蒋丙然博士和在美国叶凯士天文台工作的张钰哲博士为特约通信研究员，后来又增聘高鲁为特约通信研究员。1941年余青松辞职，改聘张钰哲为第三任所长。在1946年张钰哲出国考察期间由陈遵妫代理所长，1948年5月，张钰哲从美国归来，仍继续担任天文研究所所长，直至全国解放。

第二节　天文研究所的机构和变迁

天文研究所自1928年成立后，先是在南京鼓楼附近的“鼓楼测候所”内临时办公，成立了筹建紫金山天文台的委员会，开始了设计建筑东亚地区第一个大天文台的各项准备工作。同时还制定了一系列章程，建立了各种组织机构。其组织分为时政、算学和理化三个组。各个组下面又设几股：时政组下设观测、传报两股；算学组又分为力学、岁功两股；理化组下面有分光、斑点和变星三股。1930年，天文研究所任命李铭忠为时政组主任，陈遵妫任算学组主任，高平子任理化组主任。然而，在实际工作中并没有按照章程规定的组织设置，在紫金山天文台建成之前，内部组织只分为技术和事务两个组。

1932年5月国立中央研究院决定修改各研究所的建制和人事职称。规定每个研究所设所长一人，必须由专任研究员担任。研究所内的研究人员职称有研究员（研究员分为专任、兼任和通信三种类型）、副研究员和技师三种，他们主要承担科研任务。此外还设有助理研究员、助理员、练习助理员、研究生、技士、技佐和事务员等职务。天文研究所根据这一章程，决定在所内的研究组织只分为三个组而不再分股。此后由于紫金山天文台的建设工作加紧进行，全所的研究和技术人员都全力以赴投入建台工作，研究组织也就解散了。

1934年9月1日，天文研究所放弃了“鼓楼测候所”的临时办公处，全部人员迁往紫金山天文台上正式办公。此后，天文研究所就按观测室来建制，共设置四个观测室，各室均由一个专任研究员担任负责人。建台初期由余青松主管大赤道仪观测室；高平子主管小赤道仪和太阳分光仪观测室；子午仪观测室由李铭忠主管；变星仪室由陈遵妫主管。每个观测室分工负责各自的观测和研究工作。这种组织形式一直延续到抗日战争爆发紫金山天文台被迫撤离南京前夕，各个观测室都坚持常规的观测工作并取得了一批研究成果。

紫金山天文台于1935年夏全部竣工，天文研究所的全体同仁无不为此欢欣鼓舞。正准备做系统深入的观测研究工作之际，抗日烽烟突起，打乱了当时余青松所长的全面安排计划。根据国立中央研究院的紧急指示，各研究所必须采取应变措施，疏散一部分人员并将仪器和图书立即装箱准备内迁。由此，天文研究所开始了长期的辗转内迁工作。

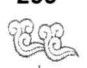
1937年8月15日天文研究所先迁往城内办公。后因南京形势吃紧，天文研究所开始内迁，于1937年底相继将部分研究人员、观测仪器和图书运至国立中央研究院租妥的湖南长沙南岳圣经书院临时工作站。此后，由于长沙战事骤起，只得又



陆续撤至广西桂林，暂住半年以后又决定西迁，于 1938 年春迁抵云南昆明。从此，天文研究所在昆明度过了漫长的抗战时期。当时，决定在昆明设立一所天文台作为天文研究所的一个分台。1938 年夏，在余青松所长的带领下开始了选址和建台工作。1939 年 5 月，新建的昆明凤凰山天文台落成，天文研究所迁至凤凰山上办公，坚持开展日常观测工作。

抗日战争时期，天文研究所的人事变动频繁。抗战初期决定内迁时，在南京遣散了部分工作人员。内迁过程中，又陆续疏散了一些人员。最后在 1938 年由桂林迁往昆明的天文研究所人员有：所长余青松，研究员陈遵妫、李铭忠，助理研究员李鉴澄，事务员殷葆贞及三名工友。迁到昆明后，助理研究员陈展云复职。1935 年春，凤凰山天文台建成后，练习助理员龚树模、刘在明和研究员潘璞等也相继来昆明到天文研究所复职。1940 年末，国立中央研究院根据各研究所专任研究员进修条例规定，指派余青松所长出国进修一年，由当时设在重庆的中央大学物理系教授张钰哲接任所长。1941 年 1 月，张钰哲抵昆任职，同年增补到天文研究所工作的还有研究员李珩，副研究员戴文赛，助理研究员黄昆、高叔架，技正李国鼎，技佐宋仙蒲和事务员三名。在此期间，天文研究所还聘任过周培源、吴大猷、吴有训等著名学者担任兼职研究员。

1945 年 8 月，中国人民取得了抗日战争的伟大胜利。国立中央研究院奉命通知各所复员。1946 年初，天文研究所接到命令，准备返回南京。经张钰哲所长与云南省教育厅和云南大学协商决定，仍然保留昆明凤凰山天文台，作为天文研究所和云南大学的共有机构，全称为“国立中央研究院天文研究所云南大学凤凰山天文台”，并移交了变星仪、太阳分光仪等仪器和房屋。此后，天文研究所又历经了近一年的返宁迁移，至 1946 年 10 月，天文研究所才恢复在南京紫金山上正式办公。工作的重点是全力修复满目疮痍的紫金山天文台。在人事方面也出现了一些变动。1946 年春，张钰哲所长奉命赴美考察进修，由陈遵妫代理所长至 1948 年 5 月张钰哲回国复职；戴文赛辞职赴北平燕京大学任教；龚树模和高叔架先后赴美留学；李珩从成都返回紫金山天文台，不久又被成都华西大学派往美国普林斯顿大学讲学。此后，为了研究工作需要又增聘了助理员陈彪、罗定江、沈晓青和贺天健等人。另外还聘用了图书管理员李杬，事务员王政序和陈震。1948 年春，张钰哲所长回国后，紫金山天文台已基本修复，计划全面开展研究工作。



1948 年，国民党政府垮台之势已成，人民解放军渡江在即，国民党各政府机构纷纷设立“应变会”，准备南逃。天文研究所的同仁们也在张钰哲所长的主持下研究应变事宜。陈遵妫认为，鉴于抗战搬迁损失惨重，刚刚修复再搬迁又要重蹈覆辙，况且内战与抗日战争性质不同，只须将仪器、图书等装箱放在地下室内以防炮

火。如果战争日益加剧还可以撤至昆明凤凰山天文台。此时,在英国的地质研究所所长李四光打电报要求地质研究所的全体员工“要坚守南京,等待解放”。与此同时,在上海的中央研究院各研究所也决定不撤。于是,在南京的各研究所除历史研究所在所长傅斯年的极力主张下迁往台湾外,其他各所都没有撤迁,只是将大部分职员疏散到上海、广州等地暂避战难。天文研究所所长张钰哲决定将仪器的贵重部分拆卸装箱,置于子午仪室的地下室内。1949 年 1 月 26 日,张钰哲、罗定江、李杭、王政序等人携 60 箱图书赴沪暂避,租借了上海岳阳路 320 号植物研究所的一间房屋作为天文研究所临时办公室,而将图书存放在上海长宁路国立中央研究院内。陈遵妫、陈彪、沈晓青等人仍留守南京,等待解放。

1949 年 4 月 23 日,南京解放。南京市军管会接管了国立中央研究院在南京的各研究所。留守南京的陈彪、沈晓青等研究人员,在解放后不久就将仪器恢复安装,开展太阳黑子的观测等研究工作。同年 9 月 17 日,张钰哲所长带赴沪的职员返回南京,全面恢复正常工作。

1949 年 10 月 1 日中华人民共和国宣告成立后,决定撤销原中央研究院,建立中国科学院。天文研究所由中国科学院华东办事处接管。科学院又决定将天文研究所更名为紫金山天文台,成为直属中国科学院领导的一个独立的天文研究机构。至此,天文研究所在经历了从时政委员会——观象台筹备委员会天文组——天文研究所各个阶段的 20 年风雨坎坷后,终于完成了它的历史使命。天文研究所是中国近代天文史上最重要的天文研究机构,它为中国天文事业的兴起和发展作出了重大的贡献,在中国天文学史上留下了辉煌的篇章。



第三节　天文陈列馆简史

1928 年,中央观象台由于北洋军阀政权的灭亡而撤销,原中央观象台添购的近代观测仪器全部移交给南京的中央研究院天文研究所。在中央观象台的原址上新建两个机构:国立天文陈列馆和北平气象测候所,原观象台的留用人员张懋德、廖能国和两名工人共同管理这两个机构。此后,北平气象测候所归属国立中央研究院气象研究所管辖,而国立天文陈列馆隶属于国立中央研究院天文研究所。

国立天文陈列馆主要陈列展出天文方面的图片和仪器。馆内的展品分室内和室外两部分,室内展品陈列在原中央观象台的晷影堂内,主要陈列品有旧拓天文图,赤道南北星图,天地运行现象图,各种行星、流星、陨星挂图,古今天文现象照片以及天体模型和三球运行仪,等等。室外部分主要是古代天文仪器。古代天文仪器都安放在晷影堂和紫微殿前,计有天体仪、黄道经纬仪、赤道经纬仪、地平经仪、



象限仪、纪限仪、地平经纬仪、玑衡抚辰仪、浑仪、简仪、圭表和漏壶等。

国立天文陈列馆为当时的天文普及和宣传工作起了重要作用。因为陈列馆的原址是中央观象台，是北平的名胜古迹，而中国的古代天文仪器精美绝伦，实为国之瑰宝，在国内外享有盛誉。因此，每天前来参观的人数甚多。为了保护展出的天文仪器不被损坏，天文陈列馆制订了“观览章程”七条，如规定：“观览者不得玩弄仪器及任意到办公室”、“观览者不得随意带摄影机并手杖及犬畜”、“观览者不得随意吐痰及登台高呼”，等等。参观者必须购买门票。据统计，1930 年 7 月 1 日至 1931 年 6 月 30 日，参观者共 2 315 人，其中本国人约占 22%，日本人占 3%，欧美人占 75%。1932 年 7 月 1 日至 1933 年 5 月底，参观者共有 2073 人，其中欧美人占 60%，中国人及其他国家人占 40%。1933 年 7 月至 1934 年 6 月，参观者 2447 人。1935 年 7 月至 1936 年 6 月参观者达 3864 人，其中西方人占 70%。由此可见，国立天文陈列馆规模虽然不大，却吸引了众多中外人士慕名前来参观。为了介绍通俗天文知识，天文陈列馆还出售原中央观象台编印出版的《图解天文学》、《通俗气象学》、《观象丛报》、《天文仪器志略》和《中央观象台将来与过去》等书籍。此外还代售天文研究所和中国天文学会的出版刊物，所得款项仍由天文研究所调拨给中国天文学会以补助天文刊物的印刷费用。

国立天文陈列馆在成立之初，还特邀国内外的知名人士来担任天文馆的计划委员，为天文陈列馆的改进和发展出谋划策。计划委员是名誉职务，每年暑假由中央研究院择定人员颁发聘书，并把所聘的委员名单列入国立中央研究员的《职员录》内。天文陈列馆除开放供参观外，还与外界各学术团体和新闻单位有广泛的联系，经常参与组织公益和宣传活动。例如，1936 年 11 月 6 日至 18 日，天文陈列馆、故宫博物院古物陈列所、“西北科学考查团”等十一个单位联合举办了“北平学术团体联合展览会”。这次展览会共接待参观者 3 640 余人，还有 95 人专从外地函购参观入场券，所得的全部款项都悉数捐助救济在日军铁蹄下的东北受难同胞。天文陈列馆与中国博物馆协会、江苏省立镇江图书馆、北平文化协会、经济新闻社等都有业务联系，互相馈赠和交换图书资料、学术信息。



1933 年，日本侵略军侵占长城各口，京津危急。南京国民政府下令将在北平的历史文物迁运至南京等内地。天文研究所也决定要将一些珍贵的古代天文仪器搬迁至南京，并且委派研究所的李铭忠赴北平负责拆迁仪器之事，后来李铭忠又委托历史语言研究所裘善元相机代运。迁运的仪器有明正统年间制造的浑仪、简仪和圭表三件，清光绪末期仿制的小地平经纬仪和小天球仪两件，宋制大漏壶和明制小漏壶两件。另外，还有清代康熙八年至十二年间制造的纪限仪、天球仪、黄道经纬仪、赤道经纬仪、地平经仪和象限仪六件。清代康熙五十四年制造的地平经纬仪

和清乾隆九至十九年间制成的玑衡抚辰仪两件，则因十分庞大，无法搬迁，只得仍存其在天文陈列馆。1933 年 6 月中旬从北京前门外西车站起运，辗转运抵浦口。但因过江轮渡尚未完工，不能轮渡运至南京码头。直至 1934 年 2 月 1 日，“长江号”渡轮竣工才将这批天文仪器运至南京下关车站暂存。到了 1935 年 1 月，先将仪器从下关运到南京太平门车站，随后运至南京紫金山天文台。经过近两年的搬迁，终于将这批古代天文学的珍贵遗产完好无损地保存下来，这也是对中国天文学的一大贡献。

1936 年，国立中央研究院决定将天文陈列馆和北平测候所划归北平研究院管理。在 1937 年卢沟桥事变以后，北平沦陷，天文陈列馆的管理人员各奔前程，整个陈列馆处于瘫痪状态，无形解散。

第四节 杰出的近代天文学家——余青松

一、生平简介

余青松是福建省同安县人，1897 年 9 月 4 日生，1978 年 10 月 30 日卒于美国马里兰州。

青年时期就读于清华学堂。1918 年赴美留学，先攻读土木建筑学，得学士学位，后改学天文学。1923 年在匹兹堡大学攻读硕士学位期间，在奥根尼天文台台长丘提斯(M. D. Curtic)指导下，使用 76cm 折射望远镜观测，完成题为《天鹅座 CG 星的光变曲线和轨道》的硕士论文，引起国际天文界的注目。继而进入美国加利福尼亚大学学习，并获得该大学的里克天文台奖学金，用该台的 90cm 反射望远镜从事恒星光谱工作，1926 年获博士学位。

1927 年应厦门大学邀请回国任教。1929 年接替高鲁担任国立中央研究院天文研究所第二任所长。此后历任中国天文学会会长，中国日食观测委员会委员兼观测组主任，中国天文委员会主任委员等职。是国际天文协会会员，英国皇家天文学会会员。1941 年离开天文研究所后曾在广西桂林和四川重庆等地工作。

1947 年，余青松再度远涉重洋，先到加拿大多伦多大学任教。一年后，受聘于美国萨默斯一鲍希天文台，后来又转入哈佛大学天文台从事研究工作。1955 年被美国马里兰州胡德学院聘为教授并兼任胡德学院威廉斯天文台台长，1967 年退休后被聘为胡德学院名誉教授。

二、学术上的主要成就

余青松是一位优秀的天体物理学家，他在天体物理的理论研究和光学仪器设



计制造等方面都有很深的造诣。1926年，他在美国加州大学里克天文台工作时，完成了两项很出色的工作。一项是关于A型星光谱中的氢连续吸收线；另一项是提出测定A型星绝对光度的一种新的光谱方法。他从大量的恒星光谱观测资料人手证明A型星的光谱中的连续吸收线是属于氢原子的，由此他提出可以采用氢原子巴尔末系线的吸收值或Hr谱线的吸收值作为宗量来确定A型星的绝对光度。继这两项工作以后，他从美国返回中国，1927年，他又陆续发表了《BO型星的紫外发射》、《双子座ζ星光谱变化》、《恒星光谱的光度研究》等多篇论著。他的这些工作开创了A型星中氢巴尔末连续线定量研究的先河，当时引起了国际天文学界的好评，成为恒星光谱研究方面的重要文献。

三、创建紫金山天文台和凤凰山天文台

余青松自美国回国后，就一直盼望能建立中国人自己的天文台。1927年在厦门大学任教时，他就开始设计天文台图样。1929年，他接替高鲁担任天文研究所所长后，立即开始为实现他的愿望——建造东亚地区第一流天文台而奋斗。他亲自登山勘测选址，并且充分发挥他在土木建筑学方面的技术特长，亲自设计绘图和监工建筑。余青松处处精打细算，多方节省开支，本着少花钱多办事的原则，就地取材，采用紫金山上原有的虎皮岩作建筑材料，建成了既美观典雅又坚固实用的台本部和各类仪器室。又因地制宜，充分利用台址的每一寸土地，建造成参差有致、大小不一的观测室和宿舍。整个建筑浑成一体，中西合璧，令人叹为观止。紫金山天文台的整个建筑从1930年夏到1935年夏，历时5载全部竣工。在此期间，余青松还要忙于订购、建造和安装各种天文仪器，组织和安排科研工作，大小事务都事必躬亲，可以说紫金山天文台的建设中凝结着余青松的血和汗。特别难能可贵的是，在兴建天文台的同时，他还坚持参加太阳分光仪的观测工作，负责1936年赴日本北海道的日食观测队的组织筹备工作，还接替高鲁连续担任第十一、十二、十三和十六届中国天文学会会长，为发展中国天文事业而日夜操劳。



紫金山天文台建成后，一切走向有序，余青松准备开始全所正常的科研工作。然而，日寇侵华迫使天文研究所于1937年开始南迁，长途跋涉到云南昆明，开始了长达8年的动荡历程。为了坚持天文研究工作，余青松在战时人力物力都匮乏的情况下，又带领天文研究所的全体同仁创建昆明凤凰山天文台。从选址、设计建筑图案、施工营造到仪器装卸调试等他都事必躬亲，终于在一年内使凤凰山天文台全部落成。天文研究所在战乱中仍得以生存，也完成了余青松建造南北两大天文台的夙愿。

余青松呕心沥血建立的紫金山天文台和凤凰山天文台是他为中国天文事业作

出巨大贡献的佐证，也是他在后人心中树立的丰碑，他的名字将永远镌刻在中国天文学历史上。

第五节　天文研究所的主要研究人员

天文研究所是旧中国的天文学家荟萃之地，也是培养天文人才的重要基地之一。除已介绍的高鲁、余青松等人外，还有许多天文研究人员在天文研究所担任过专职研究人员和通讯研究人员，其中一些是优秀的天文学家，他们在近代天文学发展中立下了功勋，在此，简要地介绍一下他们的生平事迹。

一、张钰哲

张钰哲，1902 年 2 月 16 日生于福建闽侯县。少年时代求学于北京师大附中，1919 年以优异成绩毕业后考进清华学堂。1923 年赴美国芝加哥大学学习，期间曾赴美国叶凯士天文台和威尔逊天文台实习。1928 年，他发现 1125 号小行星，此后该星被命名为“中华”。1929 年，他完成博士论文《有一定平面双星轨道极轴指向在空间的分布》并获得博士学位。同年秋回国，先在南京金陵大学任教，后被聘为国立中央大学物理系教授。1940 年，因国立中央研究院天文研究所所长余青松出国进修，张钰哲奉命接任天文研究所所长职务，直至解放。在此期间，他曾历任国立编译馆特约编译员，中国天文学会评议员、会长，中国日食观测委员会委员。组织参加过多次日食观测，1936 年与李珩同赴原苏联伯力市观测日全食，因天气不好而失败。1941 年又率领中国日食观测委员会西北队赴甘肃临洮县观测，获得很大成功。有多篇论文和观测报告刊登于《宇宙》杂志和《天文学会会报》。1946—1948 年，他再度赴美访问并从事交食双星光谱研究。1948 年随同美国陆军组织的日食观测队一起回中国参加日环食观测。回国后，张钰哲继续担任所长职务并带领所内的留守同事一起迎接解放。

中华人民共和国成立后，他担任紫金山天文台台长，并连续当选为中国天文学会理事长。他毕生致力于小行星和彗星的观测与轨道计算工作。他和他所领导的紫金山天文台行星研究室坚持开展小行星的观测、定位和用光电测光法测定小行星的光变周期等工作。共观测到了 5 000 多次小行星的位置，陆续发现了若干个星历表上没有编号的小行星和以“紫金山”命名的新彗星。张钰哲的著述颇多，主要有《天文学论丛》、《变化小行星的光电测光》、《造父变星仙后座 CZ 的研究》、《哈雷彗星轨道的演化趋势和它的古代历史》等数十篇论著。为了纪念他在天文学上的贡献，1978 年 8 月出版的《国际小行星通报》公布，新编号的 2051 号小行星定名



为“张”——(2051) Zhang。

1980 年，78 岁高龄的张钰哲还赶往昆明参加日全食观测，又奔赴青海高原为给我国引进的毫米波射电望远镜选址。1982 年 80 岁的张钰哲再次访美，为中美天文学术交流做了大量联络工作。1984 年底被中国科学院任命为紫金山天文台名誉台长。1986 年 7 月 21 日，张钰哲在南京病逝，终年 84 岁。

二、李珩

李珩，字晓舫，四川成都人，1898 年 12 月 22 日生。1925 年留学法国巴黎大学天文系，1933 年获博士学位。在法国发表的论文有：《御夫 RT 星的光度测量》、《造父变星的统计研究》、《造父变星统计上的特征》。回国后任山东大学教授，青岛观象台兼任研究员，四川大学和华西大学教授，国立中央研究院天文研究所研究员等职。

李珩精通英语、法语，译著甚多，据不完全统计，其出版的译作和论文有 27 种，如：《理论力学纲要》(与严济慈合作，商务印书馆，1936 年出版)、《英国的科学》(《中英文化合作丛书》，1945 年商务印书馆出版)、《数学讲话十篇》(《中学生》期刊，上海开明书店，1945 年出版)、《五个银河星团的照相研究》(科学出版社，1954 年出版)、《伏罗拉群小行星普遍摄动的计算和轨道改进》、《红巨星模型》、《星际钙线的等值宽度》、《佘山观象台实习手册》、《哥白尼》、《普通天体物理学》、《大众天文学》、《天文简说》、《科学史》、《潮汐》、《宇宙体系》、《球面天文学与天体力学》、《天体力学简说》，等等。1928—1930 年期间，他作为《科学》杂志驻欧通讯员，曾对冥王星的发现、电视的发明、火箭与宇宙的前景等新课题作首次报道。除了撰写和翻译天文专业论文外，李珩还在《科学》、《宇宙》、《中学生》、《天文爱好者》、《大公报科学副刊》、《上海天文台天文参考资料》等期刊杂志上发表了百余篇科普文章，为中国近代天文学的进步和普及做了大量的工作。



1947 年李珩赴美国普林斯顿大学讲学。中华人民共和国成立后，被任命为中国科学院紫金山大文台所属的徐家汇、佘山两观象台的负责人、台长。1962 年两台改组为中国科学院上海天文台，李珩担任台长。1953—1960 年任《天文学报》主编，1957 年以后，当选为历届中国天文学会理事会副理事长。

三、程茂兰

河北省博野县人，1905 年 9 月 18 日生。1925 年赴法国勤工俭学，1934 年毕业于法国里昂大学数理系。1939 年获博士学位。此后，先后在法国巴黎天体物理研究所、里昂天文台、上普罗旺斯天文台从事恒星光谱研究并担任上普罗旺斯天文台

副台长。被聘为国立中央研究院天文研究所通信研究员。

程茂兰是世界著名的中国近代天体物理学家。他的主要研究工作在恒星光谱方面，他在国外发表论文20多篇：《大陵变星极小光度之分光研究》、《仙后座γ星光谱内之新发射线》、《仙后座γ星光谱内之氢气明线浓度变化之研究》、《仙后座γ星之光谱》、《1940年仙后座星吸收光谱之情形》、《仙后座γ星之发射光谱及其自1945年以来之演变》、《自1941年3月1日以来之北极光光谱》、《低纬度所见若干北极光谱中，中性氢原子之双禁线4S-2D》、《晴夜之光谱》、《Whipple－Fedtke彗(1942g)核之光谱》、《猎户座云光谱双游离及单游离之铁禁线》、《猎户座云之光谱之研究》、《高层大气内返光层高度之研究》、《夜天光中可见区之分光研究》、《北冕T新星光谱中之日冕明线》、《北冕T新星之发射光谱》、《1946年北冕T新星之连续光谱》等。他在第一篇文章中用大陵五型食双星的分光光度测量，否定了当时流行的光速与波长有关的理论。后来的论文中他又研究发射线星，尤其是爆发变星(包括新星、再发新星和共生星)，通过证认不同物理条件下所产生的发射线(许多是禁线)，揭示天体上的物理状况和变化过程。还用同样方法研究地球大气发光现象(极光、夜天光)，以确定地球大气的一些物理状况。他的这些工作是研究分光双星和爆发变星的重要奠基工作，由于这些出色的研究工作，他曾获得法国政府颁发的骑士勋章。

1957年应周恩来总理的邀请他返回祖国，主持中国科学院北京天文台的筹建工作并担任台长。曾当选为中国天文学会第二、三届理事会副理事长，为新中国的天文事业发展作出了贡献。

1978年12月31日，程茂兰先生在北京病故。



四、戴文赛

福建漳州人，1911年12月19日生。苏州东吴大学毕业，北京燕京大学研究生，后赴英国剑桥大学留学，以《特殊恒星光谱的分光光度研究》一组论文获博士学位。在国外发表的论文主要有：《猎犬座α^2星光谱中之稀有土族光谱线》、《猎犬座α^2星之双动光谱》、《猎犬座α^2星之FeⅡ光谱线》、《武仙座新星外壳之大小》、《对流恒星的色温度》、《仙后座γ星光谱变化之物理说明》。

1941年戴文赛回国担任国立中央研究院天文研究所副研究员、研究员；解放后，曾先后任北京大学教授、南京大学教授、南京大学天文系主任。当选为第一、二、三届中国天文学会理事会副理事长。在天文教育和科研工作中作出了重大贡献。他在恒星和星系方面发表过《星系的质量和角动量的分析》等十多篇论文。主要的著作有：《恒星天文学》、《太阳系演化学》和《天体的演化》。他还主编了《天文



学教程》、《天体物理学方法》和《英俄中天文学词汇》等书。

1979 年 4 月 30 日，戴文赛先生在南京病逝。

五、陈遵妫

陈遵妫，字志元，福建省福州市人，1901 年 9 月 16 日生。1919 年东渡日本留学，1926 年毕业于东京高等师范学校数学系，同年回国。曾任国立中央研究院天文研究所研究员，先后参加过南京紫金山天文台和昆明凤凰山天文台的筹建工作。也参加过中国天文学会的组织工作，先后担任学会总秘书、理事长、《宇宙》杂志总编辑。在天文研究所主持《国民历》、《天文年历》等的编算工作。在 1946—1948 年天文研究所第三任所长张钰哲赴美考察期间，担任天文研究所代理所长。他对中国近代天文事业的创建起了重要作用。

解放后，担任中国科学院紫金山天文台研究员兼上海徐家汇观象台负责人。1955 年负责筹建北京天文馆并担任第一任馆长。他的著译甚多，主要有《流星论》、《大学天文学》、《恒星图表》、《中国古代天文学简史》、《星体图说》、《宇宙壮观》和《中国天文学史》等。1986 年离休后，仍担任北京天文馆名誉馆长，中国天文学会名誉理事长。

1991 年 2 月 2 日，陈遵妫先生于北京逝世，享年 90 岁。



第十五章　紫金山天文台和凤凰山天文台

第一节　紫金山天文台的选址经过

自1928年国立中央研究院天文研究所成立以后，第一任所长高鲁便把建立中国自己的天文台作为研究所的首要任务。早在任职中央观象台台长时，他目睹中国政局动乱，国力衰竭，以致中央观象台无力维持，中国天文事业十分落后的现状。又看到外国势力大肆入侵，兴建青岛观象台、徐家汇观象台和佘山观象台以扩展势力，为他们的经济、军事侵略服务的情况。特别是1913年10月，在日本东京召开亚洲各国观象台台长会议，竟然不邀请中央观象台台长参加，反由法国教会办的徐家汇观象台台长越俎代庖，堂而皇之代表中国出席。对此，高鲁十分愤慨，继而又断然拒绝了会议主办者的候补邀请，显示了可贵的民族气节。此时，他已暗下决心，一定要建设一座能与欧美各大天文台并驾齐驱的中国现代化天文台。此后，他不停地为实现这一目的而奔走呼吁。1915年，经多次亲自勘察，高鲁设想在北京西山打鹰岩附近建造我国第一座现代化天文台。他勘定台址，设计建筑图案，编制预算并将此建议呈请北洋政府核批，但最终因北洋军阀统治者不给予经费资助而计划落空。1927年，南京政府成立，高鲁追随蔡元培南下，被委任为观象台筹备委员会主任。至此，他又萌发出建造中国天文台的设想，并希望在南京实现他的宏伟计划。

经过多次实地勘察，高鲁极力主张建天文台于紫金山第一峰。当时的国立中央研究院总干事杨杏佛则主张建台于清凉山，而气象研究所所长竺可桢又主张在南京北极阁建立天文台。1927年11月国立中央研究院筹备委员会一致通过筹建中国第一座大型天文台，确定台址选在南京紫金山麓。决定既出，高鲁夙愿实现。他更加不遗余力，曾与当时天文研究所的专任研究员陈遵妫等人亲自三次攀登紫金山第一峰察看地形。邀请建筑师李宗侃设计建筑图案，另外又请南京市工务局技士陈政和、张鹏翼两人代测第一峰的南面地形，计划从紫金山脚紫霞洞筑路上山，利用那里的泉水以解决天文台用水问题。高鲁将建台的方案呈请中山陵园管理委员会拨地和修筑上山通路。

正当高鲁致力于选址建台，大展宏图时，一纸调令，将他派往法国当公使。临



行时，他对陈遵妫说："我真希望终身为祖国天文界效劳，把我国古代天文学在国际上的荣誉，发扬光大起来；今稍有希望，奈因李石曾先生的敦促，不得不暂时离开你们。"他在出国之前，推荐从美国归来的余青松博士接替他的所长职务，而那时余青松已被聘为厦门大学教授，直至 1929 年暑假后，才赶赴南京就任所长。

余青松到任后的第一件大事就是沿袭高鲁的设想完成建造天文台的工作。他首先对既定的紫金山第一峰进行视察，根据在国外多年从事天文工作的经验，他发现南京紫金山并不是建造天文台的理想场所。于是他紧急呈报国立中央研究院院长蔡元培，他在报告中指出建台南京紫金山的两大弊端：一是"南京邻近诸山，其高度均不能满足通常建台的需要。即紫金山第一峰（北高峰）亦仅海拔 448m，其峰常在云下。"二是"据东南大学地学系，南京气象月报和国立气象研究所统计，南京自民国十三年至十七年 4 年中（民国十六年无观测），平均每年晴夜数仅有 102 天。最多的一年（民国十三年）亦仅 148 天（尚不足半年）。最少的一年（民国十四年）仅有 63 天……"然而，余青松的科学观点没有被接受，因为，民国政府的很多要员们认为"为使全体国民仰见'党国'提倡科学研究之盛心，表彰中央政府重视学术探讨之精神。为使彼时来新都之中外观光者，可于中国政治、文化策源地见一最新式最完美之天文台，国立第一天文台必须要建立在首都南京。"甚至连蔡元培院长也对余青松所长直言不讳地说："……其实这些弊端我早就清楚，国府一开始主要就是从政治目的考虑，而不是按科学研究实际需要来同意筹备此台的……"至此，余青松再无申辩必要，天文研究所也很快收到了"立即建台紫金山北高峰"的国民政府第 293 号训令。

余青松接训令后立即向紫金山所属的中山陵园管理委员会申请拨地建台筑路。按原定的设计方案台址既选在紫金山北高峰，则宜从紫金山南麓修筑盘山道路，这样既可以利用中山陵紫霞洞泉水解决天文台供水问题，又可以利用原有的一些山道以节省开支。然而，中山陵园管理委员会却一改与高鲁商定的初衷提出异议。其理由是：紫金山之南麓的中山陵园，是国父陵寝所在地，不仅为国人瞩目，更为国际观瞻所系，如果从南筑路，破土动工，势必会露出黄土颜色，破坏陵园风景，有碍观瞻。据此，陵园坚持只能从紫金山北麓重新勘测筑路上山。无奈之下，余青松只得亲自到山北勘查，感到山北地形太复杂，如在此选线筑路，须经过许多涧沟，架设若干桥梁，工程浩大。而且由此筑路不能直通紫霞洞泉水，以后天文台之用水必须由城内长途运输，费用十分昂贵。余青松再次亲临查看，权衡再三决定放弃原来的北高峰台址而改选紫金山第三峰（天堡峰）作为天文台台址。余青松认为虽然第三峰距南京城近，受市区灯光干扰较大，海拔只有 267m，建台条件不如第一峰好，但是第三峰西北方向山势比较平坦，开筑盘山道路比较容易且费用也较低。另



外第三峰峰顶面积较宽适宜建台。几经周折，最后终于决定将紫金山的第三峰确定为紫金山天文台台址。

要建台必先修路，只有道路畅通，建台所需物资才能源源不断运至峰顶。由于余青松曾在美国攻读土木建筑学，并得学士学位，因此，他向当时的中央测绘局借得水准器、经纬仪等测量工具，自己亲率天文研究所职员反复进行路线测量和设计。1929 年 11 月中旬绘制成了通往第三峰顶的盘山路横断面图、纵断面图和平面图。11 月 25 日起天文研究所连续在京沪两地刊登广告招标筑路。7 日内有三家营造公司应征，其中尤以孙和祥营造公司为佳，他既有修筑南京至汤山公路的经验，而且估账详尽造价又低于其他两家，乃决定孙和祥为中标者，并报呈中央研究院批准于 1929 年 12 月 21 日正式开工。工程开始后，因较原定路线稍有延长以减少坡度，加之中山陵园管理处怕影响总理寝地而严禁用炸药开山，所以施工极为艰难。原定的半年工期延长至一年半直到 1931 年 6 月筑路竣工，造价约 2.5 万元。此路后来被命名为天文台路。全路宽约 10m，路中铺有宽约 0.132m 的厚石板，两边均有人行道，两辆汽车可以并行。为防止雨水冲击路面和积水，在路旁内侧开有宽 0.67m，深 0.33m 的明沟。全路段开有 8 座大小涵洞，通过各个山谷，每隔二三百米又开凿一条横沟，水流可依山而下。天文台路起自南京太平门外龙脖子山麓至天堡峰峰顶天文台，全长 2 013m。沿途的五大回转处，均筑有若干半月形平台。各平台分布均匀，距离大致相同，可供行人或上下山汽车休息或回转避让。沿途危险之处皆筑水泥柱栏杆以作防护，栏杆统为白色，镶嵌于苍松翠柏之间足以点缀风景。此路一直沿用至今仍然坚固美观。



第二节　紫金山天文台的设计和建筑

紫金山天文台的建筑设计图纸，在高鲁任台长时已有一个初步的蓝图。因改址至紫金山第三峰建台，原有的方案必须全部改变。于是又请李宗侃、庄俊建筑师和上海基泰建筑公司等三家分别打出图样来遴选，1930 年 6 月 11 日经天文研究所所务会议评选，决定采用上海基泰公司的设计方案。按这个设计，天文台的建筑共分为三部分：天文台本部、子午仪室、职员宿舍。余青松所长对这个方案并不满意，因此只有子午仪室的设计图样被保留实施，其余的建筑由他自己重新设计。然而，余青松设计的初稿送至中山陵园管理委员会申请拨地建台时却遭到了陵园方面代表、园总务处处长夏光宇的反对，他认为：“本园沐总理之遗教，受国家之豢养，又与天文所负同一发展中华文化之使命，本应乐观此台建筑之成功并理应予以切实赞助与指导……只是这天文台的设计太西洋化，我看应按陵园建筑的标准和要求，全



部用中式风格重新设计绘造之，天文台既然要建在陵园范围之中，外观建筑就必须要与陵园保持一致。”余青松难以违背这个意见，只得重新思考一种“中式天文台”的方案。他博采众长，充分发挥了他在土木建筑学方面的专长，苦苦思索了 20 多天，终于设计绘制了一份崭新的紫金山天文台蓝图。当他再次向夏光宇处长呈交这份设计图纸时，夏光宇也不得不赞叹道：“……观此中西合璧式天文台设计不仅美轮美奂，亦不失为东方独创之风格……”两天后，余青松的设计方案即获通过准予开工。

1931 年 5 月，当天文台路即将竣工时，天文研究所又招标建台，但应者寥寥，仅有南京两家营造公司应征，且开价之高令人咋舌。当时的南京政府忙于内乱，经济萧条，原来标准的 25 万元建台费已经荏苒三年而分文未拨。向各方告贷和募捐所得也极其有限。在经费严重不足的情况下，余青松觉得若采用招标包工建台是力所不能及的。再加前任所长高鲁向国外订制的子午仪等仪器已陆续运到，这些仪器急需观测室放置、验收和安装。假若搁置过久，仪器损坏，制造厂和保险公司概不负责，这样巨额购置的仪器就将报废。同时，余青松又接到国际天文学会的邀请，准备参加国际变星同步观测和国际经度联测，也急需尽早安装使用观测仪器。种种因素促使余青松决定自行监工建筑，于 1931 年 5 月底在紫金山第三峰正式破土动工建造。由于采用了点工制，并在施工中就地取材，大量使用紫金山特有的虎皮石砌就地基和墙面，不仅节约了大笔的运输及材料费，还使天文台成为防风、防火的坚固建筑。天文台的各室是逐步完工的。从 1930 年夏到 1935 年夏，费时 5 载，终于全部竣工。



紫金山天文台是由中国人自行设计、自行施工、独立自主建成的中国第一座现代化天文台，也是当时东亚地区第一座具有国际第一流水准的现代化天文台。全部建筑费用约 19 万元，占地面积 3 万多 m^2，每年向中山陵园管理委员会交纳租金 70 元 2 角 4 分。紫金山天文台的建筑是由好几部分组合而成的，各个观测室风格各异，但又融东西方建筑之长，雄伟壮观，浑然一体。以下，大致介绍一下各个部分的建筑风格和特色：

1. 子午仪室

为了参加 1933 年的国际经度联测，子午仪室是最早动工建筑的，于 1931 年 10 月正式动工至 1933 年 5 月 15 日全部建成。子午仪室全部用人造石块建筑，分地下和地面两层，地面上建平房一层，室内有三座仪器墩，子午仪两足各踞一座，其北面照准仪踞一座，用砖砌入地下 3m 多深，非常稳固。室外的觇标及觇标镜亦各踞一座。子午仪室为平顶，是可以活动的，在屋顶中线处有活动窗，用手摇机轮开关。子午仪室有一层地下室，室内四周满布木屑，装有四道门，以达到保温防热的效果，

地下室内有放置天文钟的钟房，钟房内的温度终年保持不变。

2. 天文台本部和大赤道仪室

天文台本部是由两列房屋组成的，一列是二层楼建筑，用做办公室、图书馆、研究室、机械维修室和会客室。另一列为平房，用做工人和职员工作室。大赤道仪室位于天文台本部中央的后部，正面有长长的台阶，拾级而登，可见一石坊，上面覆盖着琉璃瓦。从正面自下仰望，整个建筑十分雄伟。大赤道仪的圆顶直径达 8m，电动控制圆顶的旋转和开启。室内也筑有仪器礅，将赤道仪稳固地置于礅上。

3. 小赤道仪室

是一座两层建筑。下面一层南面一间放置太阳分光仪，室外设有砖墩一座，放置分光仪室外的三个镜面。室的窗门有玻璃制和木制两层，观测时将全木制的门窗关闭使成暗室。在太阳分光仪室内还隔有冲洗太阳照相底片的暗室。中间一室直通二层并深入地下，内置 20cm 折光赤道仪，上面为圆顶。由人手推动圆顶和开启天窗。

4. 变星仪室

这是天文台最高的建筑，顶上的圆顶是木制的。第二层为办公室。地下室有三间，一为暗室，一为盥洗室，还有一间供观测者住宿休息。

5. 职工宿舍

分为东、西两座宿舍。东宿舍先建成，是一座三层楼的建筑。底层为炊事房、暖气室和汽车房；中层为所长宿舍、客房、书房、餐厅和会客室；三层有四间研究人员的宿舍。西宿舍直至 1935 年春才落成，也是一座三层楼建筑，底层为厨房和工人住房；二、三两层为职员宿舍，屋顶是平台，平台上还筑有蓄水池两处，中央还有一小房间可供职员业余观测之用。

上述各主要建筑物均用红砖水泥砌成，外墙是用紫金山特有的虎皮石包成的，极为坚固耐用。天文台整个建筑分布合理，广植花草树木，大道小径将各座建筑连接贯通。天文台坐落在绿荫之中，与中山陵遥相呼应，成为南京的又一风景胜地。天文台西南角有一座著名的天堡城，清朝曾国荃军队与太平天国军队曾在此作战；辛亥革命时朱瑞所统领的浙军为光复金陵也在此作战；北军张勋攻陷南京也在此交战，因此天堡城是著名的战场，每年都有许多人登临凭吊。天文台落成后，更是不乏游人。在建台期间，曾专门修筑一条小径，以供游人登堡。另外，又将在天堡城下交战的阵亡将士墓迁于山阴纪念塔下。

紫金山天文台是中国天文学家的骄傲，它的建成凝聚了高鲁、余青松等天文研究人员的心血和汗水，也充分体现了这些天文工作者的艰苦创业精神。



第三节 建台初期的主要仪器和设备

紫金山天文台建成以后，在仪器设备方面也进行了更新，以期赶上当时的先进水平。除接收了一批原中央观象台移交的旧仪器外，还拨了约23万元购置了许多新的仪器。建台初期的主要仪器有：

(1)接收的旧仪器包括三架小望远镜，一架等高仪，一架经纬仪，一台恒星钟，两台太阳平时计时钟。三架旧的小望远镜没有刻度盘，无法用来正式观测，只能用以观看日月和五大行星作科普宣传用。1930年，天文研究所曾将其中一架25cm的小望远镜改装成经纬仪并把它安装在西宿舍平台上供天文台的职工观赏天象之用。

(2)60cm反射赤道仪。另附有石英双层棱镜分光摄影器。导星镜是20cm的折光镜，是当时德国蔡司光学仪器厂的最新产品，价值12.2万元。这架仪器全部是电动操作。

(3)13.5cm子午仪。瑞士制造。它配有英国造的子母电钟两座，德国造的电钟一具，法国造和瑞士造的计时仪各一具，瑞士造的计时表四个，还有两架无线电收报机。

(4)小赤道仪。这架仪器是由20cm目视折射镜和15cm摄影镜两部分合成的，还附有太阳放大投影器、日珥观测器、测微器、物端棱镜等。

(5)10cm罗氏(Ross)变星仪。是专门用于拍摄造父变星的仪器。是由美国制造的。它的主镜焦距为71.1cm，视场很大，下端装底片盒用于照相，底片面积为20cm×25cm。寻星镜和导星镜是合二为一的，口径为77mm。其他的部件功能都与一般的赤道仪相同，因此变星仪又称为变星赤道仪。



(6)海尔式太阳分光仪。这是天文研究所使用的最早也是用于观测最多的仪器。

以上所列仪器，都是供观测用的。紫金山天文台还添置了一批用于量度和计算的仪器。主要的量度和计量仪有：

(1)闪视比较仪，它的主要功能是比较两张不同时间拍摄的同一天区的照相底片，通过两张底片上星象的差别来发现小行星、变星或其他特殊天体。

(2)阿贝比较仪，用来度量照相底片上的光谱线波长的仪器。

(3)罗氏显微光度计，用来量度变星仪所拍摄的照相底片，通过量度的数据可以计算出所拍摄的变星与已知的标准星之间的光度差别。

(4)莫尔显微光度计，也是用来量度星体的光度的，但与罗尔显微光度计不同，

它是通过测量星体的光谱而计算出星体的光度的。

除了新购的仪器外，还安放了不少从中央观象台搬迁来的古代天文仪器。为了保护珍贵的古天文仪器，1934 年天文研究所决定把中央观象台的部分仪器运至南京，1935 年 1 月运抵紫金山天文台并在年内先后安装完工。简仪装置在子午仪室南面，浑仪及大小漏壶装在子午仪室的北面，小天体仪及小地平经纬仪安置在天文台本部后面。抗战胜利后，1947 年又把圭表放在简仪的西面。

除了拥有大量天文仪器外，紫金山天文台还收藏了许多中外图书。天文研究所刚成立时，将原中央观象台的藏书都搬到南京，后来又陆续购添了许多书刊。到 1935 年抗战前夕，藏书已达 6000 多册。其中，中文书刊有 3300 册，有些古天文书籍是十分珍贵的，计有《历象考成》、《仪象考成续编》等几部清代宫廷选编的历算书；《古今图书集成》中的《乾象典》、《历法典》和《岁功典》；秦蕙田所选的《五礼通考》以及古代天文学家朱载堉、徐光启、梅文鼎、戴震、阮元、邹伯奇、李善兰等人的著作和文集。此外，藏有《灵台仪象志》两幅单色木刻图，图中刻有北京泡子河古观象台仪器的图形和杠杆、滑车起重机械图，刻印十分精美，很有文物价值。还有一册木版彩色天象图，内含星象、日月象、日月晕、日月光环等图像，内容丰富，对研究古代的气象和天文现象有重要的参考意义。另外还有不少线装书籍的善本和珍本。

图书馆还藏有 3 600 多册外文书刊。其中有 670 册是装订好的外文期刊，330 册各国天文台台刊，书籍千余册，星图、星表 3 000 多本。订阅和交换的天文期刊约 30 多种。

综上所述，紫金山天文台的建筑设施、仪器装备和图书资料都相当完善。

余青松正拟率领全台开展科学工作的时候，即因日寇入侵，被迫辗转千里南迁昆明，图书、仪器损失严重。抗战胜利后迁回南京，紫金山天文台已面目全非，未及运走的子午仪，不知去向。经 3 年努力才逐渐恢复。不久，南京解放，紫金山天文台从此走上了康庄大道。中华人民共和国成立初期，下属台站有上海徐家汇观象台、佘山观象台、昆明工作站和青岛观象台。此后，在中国科学院领导下，徐家汇和佘山两观象台并为上海天文台，昆明工作站建成云南天文台，二台均直属中国科学院；筹建了天津纬度站和天文仪器厂（现中国科学院天文仪器研究中心）。紫金山天文台在发展我国天文事业、支援各天文台站建设等方面都发挥了重大作用，贡献是巨大的。

第四节　凤凰山天文台

自 1938 年春，天文研究所的大部分仪器、图书和研究人员抵达云南昆明后，决



定不再搬迁，做好长期抗战的准备，在昆明安营扎寨，另觅所址。余青松所长到达昆明后，见昆明地处云贵高原，气候高爽，晴天很多，空气湿度小，透明度高，四季如春，宜于天文观测工作。由此更触动了他在南京以外建立另一个天文台的夙愿。于是，天文研究所向上呈报要求在昆明建立一个永久性天文台，战时作为天文研究所的临时所址，战后作为天文研究所的第一个分台。这个报告得到了中央研究院的批准。

决定另建天文台后，即开始了选址工作。最初选择西山华亭寺旁某座山头为建所地点，其优点是附近有泉水，便于引水上山。其最大的缺点是附近的太华山峰障碍一个小角度视线，对观测有一定的妨碍。正在抉择之际，中央研究院物理研究所所长丁燮林偕职员二人来昆明探察，准备随后将物理所撤往昆明。物理所原有一个分支机构地磁台，在南京时就设在紫金山麓与天文台相邻。为此，丁燮林建议将地磁台迁往昆明后仍与天文台相邻，希望两所共同选址。于是，余青松、丁燮林偕同陈遵妫三人共同在昆明近郊勘查，又经地质人员测定，最后选择昆明近郊凤凰山为台址。凤凰山是对地磁台和天文台都很有利的台址，其主要优点是：凤凰山附近没有铁矿，这是地磁台选址最重要的条件；凤凰山地处昆明东郊，当时此处没有工厂，没有通电路，入夜一片漆黑，没有灯光干扰，是天文观测的极佳地点。

台址选定后，1938 年秋天，地磁台和天文台同时开工建造。天文台由余青松所长亲自设计，建筑在凤凰山顶。共设计三座房屋，第一座为办公楼，内附变星仪圆顶室和太阳分光仪观测室和图书室等。第二座为员工宿舍。第三座有部分宿舍、厨房和储藏室。合计有 20 多个房间。物理所的房屋是由所长丁燮林自己设计的，建造在山腰，也是三座房屋，共计大小 10 多个房间。1939 年春，六座房屋全部竣工。天文研究所迁到凤凰山上办公，城内只保留一所小民房作为办事处。物理所的房屋虽已完工，但驻桂林的大批人员物资却迟迟未到。1941 年物理所改变计划由桂林迁至四川。昆明所建的房屋又悉数转让给天文研究所使用。



1940 年春，天文研究所派陈展云到重庆去找金陵大学理学院的魏学仁院长，收回了托他代运的部分仪器并运往昆明。但是由于抗战时期物价飞涨，天文研究所已无力再建筑观测室安置这些仪器了。而且在 1940 年底国立中央研究院按照各研究所专任研究员连续工作 7 年，就可以出国进修一年的规定，通知余青松出国进修。为修建紫金山天文台和凤凰山天文台呕心沥血的余青松不无遗憾地离开了凤凰山天文台，他没有出国进修而是赴广西桂林担任科学馆领导职务，从此离开了天文工作岗位。然而，他为中国近代天文事业所作的卓越贡献却永远为后人所称颂。1941 年 1 月，当时在重庆中央大学物理系任教授的张钰哲接替余青松担任所长。

张钰哲接任后，首先着手组织日全食观测工作。他于 1941 年 4—5 月间率领日食观测西北队前往预定的观测地点——甘肃临洮进行观测的准备工作。9 月份日食观测完毕后，他们途经兰州、成都、重庆、贵阳四地，在各处停留数天，举办日食展览和科普宣传活动，直至当年年底才回到昆明。张钰哲本想立即着手建筑观测室用以安装小赤道仪，但终因资金匮乏而未能进行。凤凰山天文台在战时的大后方坚持进行天文观测，是抗战时期唯一的天文研究机构。

1945 年 9 月抗日战争胜利结束，天文研究所准备返回南京。因张钰哲所长赴美访问进修，代理所长陈遵妫主持迁返事宜。陈遵妫颇感棘手的事情是，天文研究所搬回南京后，凤凰山天文台的善后方案。由于昆明各个机构经费都十分紧缺，无法接收凤凰山天文台。最后还是当时云南大学的校长熊庆来同意接收天文台。其解决方案是，凤凰山天文台归天文研究所和云南大学共同管理。由双方各抽出职员和工友各一人，合计四人都驻守在凤凰山上管理日常事务。另由双方联合聘请当时云南大学的教务长王士魁兼任主任，在城里负责决策。驻守的两名职员是云南大学数学系讲师白世俊，云南大学数学系刚毕业的王鸿升，作为天文研究所新职员参加管理。两名工友是原天文研究所留用下来的，一名仍隶属天文研究所，另一名改属云南大学编制。四名留守人员的工资由双方各负责两名。办公费用也由双方共同承担。这样就圆满解决了凤凰山天文台的善后管理工作。

然而，好景不长，由于国民党统治者的腐败和内战频繁，物价迅速上升，留守凤凰山天文台的人员都无法维持生计，陆续离职而去，业务陷于停顿，最后只有两位工人看守房屋，一直拖到解放。至 1950 年春季由人民解放军接管。解放以后，凤凰山天文台改制为中国科学院紫金山天文台、云南大学共同领导的昆明天文工作站。1958 年，改为中国科学院紫金山天文台昆明工作站，与云南大学脱离。以昆明工作站为基础，逐步发展成具有相当规模的中国科学院云南天文台，是我国重要的天文实测和研究基地。





第十六章　中国近代天文学的主要成就

从鸦片战争至解放前夕近百年的历史中，由于内忧外患，战乱频繁，中华民族处于水深火热之中。国力的衰竭和经济的萧条也使得中国近代天文学一直得不到重视和支持，难以取得突破性的进展。中国近代天文学的成果与中国古代天文学的辉煌业绩相比，显然是远为逊色的。中国近代天文学的成就与当时西方先进国家的研究成果相比也是不足以抗衡的。然而，由于当时为数不多的天文工作者，特别是在近代杰出的天文学家高鲁、余青松、张钰哲等人的坚持不懈、努力奋斗下，使得中国近代天文事业有了长足的进步并取得了令人瞩目的成就。因此，中国近代的天文学研究工作在中国天文学源远流长的史河中起了承上启下的重要作用。

事实上，中国人自己的近代天文学研究工作主要是在 1927 年国立中央研究院天文研究所成立以后至中华人民共和国成立前夕的这 20 年中进行的。在此以前的北洋政府时期的研究工作主要在实用天文学的编历、授时、经度测量等方面。这些已在前几章分别记述了。这一章中，主要介绍天文研究所时期的主要天文学成就。

第一节　实用天文学方面的主要研究工作



一、编历和授时

1. 编历工作

自 1927 年 4 月南京政府成立后，天文研究所的前身——时政委员会就接受了编历任务。国立中央研究院成立后，就一直承担历书的编制任务。沿袭至今，紫金山天文台仍专设历算组负责编历工作。

在天文研究所时期，承担编制的历书有多种，主要有：

(1)国民历

每年编制出版，均由天文研究所研究人员推算编撰。其内容包括：全年 12 个月的月历，本年度内的节气，朔望两弦日期，日出日没时刻，日月食时间和路径图表，天文基本常识，地方时与世界时的推算以及法定节假日表，等等。国民历的颁行深受老百姓欢迎，也对宣传和普及天文知识起了积极的作用。

(2)国历摘要

民国成立前后,虽每年发行国民历,但由于交通不便,邮递迟缓,以致很多地区仍然没有历书可依。于是,各地一些略通历书推算的文人即自行推算,自编历书发售,引起各地时日不统一、节气凌乱的谬误,甚至因历书推算错误而引发众多诉讼。北洋政府的中央观象台为统一历法,平息纷争,曾采取在每年春季即预先将来年的历书的纲要编制成册刊发各地。天文研究所成立以后也沿袭旧规,于每年春季,预编来年的国历摘要,任人索取。自 1931 年起,为统一各地的时政,规定每年 2 月以前,正式刊行公布来年的国民历摘要,经由民国政府内政、教育两部散发至各省民政教育厅和各市的教育局,以保证各地印刷的日历、月份牌和日常生活用书有统一的历表和时间。

(3)周历、日历、月历

在 1929 年至 1931 年间,天文研究所成立不久,为宣传普及天文知识,编制了一种周历。每年一期,上面刊载各种天文术语和天象,分赠社会各界。由于周历在日常生活中使用不便,自 1932 年起,天文研究所改周历为日历,纸幅缩小,每日一纸,上面除日期、农历日、节气、星期等外还附印天文基本常识,每星期日的版面上还印有一周天象图。日历的发行面广量大,实用美观,深受广大民众喜爱。可惜自 1935 年起天文研究所因经费大量削减无力再编制发行日历,而改为月历,一月一页,类似于现在流行的挂历,以应付各政府机关部门的需要。此后,由于抗日战火遍及全国,天文研究所忙于内迁,最终于 1937 年被迫停止编印日历和月历。

(4)天文年历

为了适应天文专业工作和航海事业等的需要,1929 年,天文研究所决定依据欧美的航海历摘编和推算天文年历,主要刊载日、月、行星的运动和轨迹,以供天文和航海的天象观测和归算之用,第一本发行的是 1930 年的天文年历。1931 年天文年历出版以后,根据天文专业工作者的要求,从中国天文学的现状和需要出发加以改进,使其与国外的天文历书相近。依据这一宗旨又编算出版了 1932 年天文年历。1933 年的天文年历着手编算了一部分,就因经费不足且需求量不多而停刊。此后,在漫长的抗日战争中,没有人力和财力去编制天文年历。直至 1947 年,天文研究所与国民政府国防部测量局合作,决定重新编算 1948 年天文年历,以供天文、测地、航海、航空之用。年历的内容几乎完全与欧美航海历相同,足以满足专业工作者的要求。此年历于 1948 年夏付印发行。接着又着手编制了 1949 年天文年历,但终因南京解放而未得付印出版。中华人民共和国成立后,紫金山天文台历算组成立,编历工作得以继续并日趋完善。此后,每年刊出一本精确实用的天文年历。



2. 授时工作

授时报时与编历一样是天文工作服务民众、服务社会的最重要部分之一。各个朝代都需要历法和时间服务。在前面几章中，已经介绍了北洋军阀统治时期中央观象台的授时工作，青岛观象台为青岛市周围地区及海面所做的报时工作以及徐家汇天文台的时间服务工作。天文研究所成立后也承担了国民党南京政府、江苏省政府和南京特别市政府三者的共同所在地——南京乃至全国的授时工作。1928 年，高鲁倡议废弃南京旧时利用施放土炮授时的方法，改用德国产的 KS 电动发音机报时。此案获准后，1928 年江苏省政府拨款向日本购买 37 千瓦 KS 电动发音机一台，待机器运抵安装后，于 1929 年 4 月 1 日正式起用放音授时。其播报的时刻先是根据观测太阳来校准计时表的时刻，并每天用无线电收音机收取徐家汇天文台的授时信号，以资比较。1931 年以后，又改为以接收国际时辰局的时间信号为依据进行放音，每日中午放音一次。此外还有电话咨询报时服务。1934 年，天文研究所迁至紫金山天文台办公，授时工作则移交给位于南京鼓楼的实验民众教育馆执行，直至 1937 年，南京沦陷才被迫中断。

抗战期间，天文研究所迁至云南昆明，随之也开展了昆明的报时工作，为民众提供了众多方便。

1947 年，天文研究所回宁后，又与国防部测量局合作，决定在南京采用广播授时方法，每日与中央广播电台对时两次，而后由电台广播，供全国各地收听。

二、经纬度测量

地理经纬度的测量工作，一直是天文工作者的一个实际任务。古代著名天文学家僧一行等人就曾成功地进行了子午线的测量等研究工作。但是在我国，真正全面地进行全国范围内的经纬度测量工作是在清代康熙四十九年(1710)至康熙五十年(1711)期间。清代的钦天监花了近一年的时间开展了此项工作。但是，由于测量仪器的简陋、技术的落后，其测量精度的低下是可想而知的。

辛亥革命以后，国民政府将经纬度测量任务划归陆地测量局负责。但是国立中央研究院天文研究所成立后，除对各天文台所在地的经纬度进行测定外，还受其他机构的委托，代为测定经纬度。据天文研究所研究工作报告记载，曾测定过 5 个地方的经纬度。

1928 年 6 月至 8 月，天文研究所的高均和陈展云两人利用小地平经纬仪对南京鼓楼的经纬度测量 10 余次，最后取其平均，得鼓楼经纬度的近似值为：

经度：东 $118°46'33''\pm 3''$

纬度：北 $32°03'38''\pm 2''$

1933年10月，江西省重修庐山志办事处函请中央研究院派员代测庐山经纬度，蔡元培院长批交天文研究所承担，遂派高均、李鉴澄两人赴庐山，选定牯岭月照峰修志处为观测点，连续观测太阳及恒星8次，最后测定庐山经纬度为：

经度：东 115°59′0″

纬度：北 29°34′40″

1940年10月，天文研究所内迁至凤凰山天文台时，由陈展云和龚树模两人利用45°等高仪连续观测7夜，最后测定凤凰山天文台的经纬度为：

经度：东 102°47′19″.35±0″.3

纬度：北 25°01′32″.0±0″.3

1941年，为了观测日全食的需要，天文研究所派了李珩、陈遵妫和龚树模三人到甘肃省临洮县岳麓山去测定经纬度，他们带去45°等高仪观测了两个晴夜，最后测定了该地的经纬度为：

经度：东 103°52′13″.6±0″.5

纬度：北 35°22′33″.1±0″.8

1935年紫金山天文台落成后，还没有测定经纬度，抗日战争就爆发了。抗战胜利后，子午仪安装完毕，天文研究所会同陆地测量总局决定对紫金山天文台的经纬度进行测定，测量总局派了5名工作人员，共观测了76次，最终测定为：

经度：东 118°49′14″.505±0″.082

纬度：北 32°03′59″.876±0″.057

青岛观象台曾经参加过两次国际经度联测。青岛观象台的经纬度两次被测量过，其精确值为：

经度：东 120°19′5″.265±0″.012

纬度：北 36°04′11″

广州中山大学天文台也参加过国际经度测量，测得自身所在地的经纬度为：

经度：东 113°15′32″.25±0″.3

纬度：北 23°06′23″.5±0″.0892

除上述以外，天文研究所还受中央研究院委托代为测量南京北极阁的地形和登山路线。代测南京栖霞山附近的地形图。在全国各地，也有一些机构自行测定经纬度，如国立北平研究院物理研究所曾组织测量了北平、平西、天津、济南、徐州、南京、杭州等8个地点的经纬度。福建省气象局的天文业务组也组织测定了福建省的崇安、邵武、建瓯、建阳、永吉、松溪、政和、顺昌、将乐9地的经纬度。所有这些经纬度的测定，精确度都比较高，不少测定值至今还一直在沿用。

天文研究所除在国内成功地测定了多处经纬度外，还积极准备参加国际经度



测量。20 世纪初，国际地学界决定以全世界重要天文台为基点，每隔几年对这些点的经度进行一次测定，用以验证大陆漂移学说。全球性的经度测量由国际经度委员会负责组织，第一次国际经度测量是在 1926 年举行的，中国只有青岛观象台参加。第二次国际经度测量定于 1933 年举行，青岛观象台仍被邀请参加。为了争取使我国有多个点加入国际经度测量，1931 年国立中央研究院和陆地测量总局等 38 个机关团体在南京召开了预备会议，开始各项准备，决定 6 个单位参加，结果除青岛观象台外，只增添了一个国立中山大学天文台。天文研究所下属的紫金山天文台为了参加这次国际测量，特意先建好子午仪室，但终因准备工作没有完成而未赶上第二次国际经度测量。

第二节　实测天体物理学的主要研究成果

一、太阳黑子观测和分光观测

1. 太阳黑子观测

太阳黑子观测是每一个天文台站的常规工作。青岛观象台从 1924 年由德国人手中接管时就开始用口径 16cm 的赤道仪进行太阳黑子观测。除阴雨天外，每天坚持进行，直至抗日战争爆发才中止。抗战后从 1946 年 12 月即恢复观测，并且在仪器和技术方面进行了改进，提高了精度，无论在日面边缘或中心，黑子的经纬度记录误差都不超过 1°。到 1949 年下半年，已能做到对太阳黑子在日面上的速度自动记录，并对黑子重新进行编号，从而进一步做一些统计研究工作。抗战前后的观测结果都做了详细的统计报告，分别发表在 1938 年的《宇宙》第 8 卷第 7～8 期和 1949 年青岛观象台编印的《天文半月刊》创刊号上。

国立中山大学天文台从 1930 年起就开始对太阳黑子进行观测，所用仪器是 13.5cm 口径的折光镜，方法也为投影描图法，日影投影直径为 20cm。所得的观测结果按月刊登在自办的《天文台两月刊》上，详细记录了每月太阳黑子观测的日期、时间、黑子的群数、占日面大小的百分比以及黑子在日面上的经纬度。

抗战以前，天文研究所忙于筹建紫金山天文台，没有进行太阳黑子观测。战后回宁后才开始利用小赤道仪进行太阳黑子观测。但是，在抗战期间，昆明凤凰山天文台于 1942 年上半年即开始对太阳黑子进行观测。所用的仪器是变星仪上口径为 80mm 的寻星镜，并附加投影仪一台，得到 70mm 直径的日面投影像。当时的研究人员李鉴澄、龚树模等人除逐日计算黑子的相对数外，还度量了黑子在日面上的位置。从 1942 年起至 1948 年 4 月止，凤凰山天文台的太阳黑子观测结果报告每

隔半年都在《宇宙》杂志上刊登一次。报告分为两部分：第一部分是太阳黑子每个月的相对数值表；第二部分是在0°—35°之间，每间隔5°太阳黑子群的纬度分布表。

齐鲁大学天文算学系也曾长期进行了太阳黑子观测。

设在台湾省台北市中山堂的台北天文台也利用10cm望远镜对太阳黑子进行投影观测，仅1948年上半年就观测了120天，每天观测一次，每次都观测到黑子，大都分布在南北纬1°—35°之间，计有191群，特别集中在南北纬5°—15°之间。这些观测结果由林荣安和蔡章献整理成文发表在1949年1—12月的《宇宙》第19卷第1—12期上。

太阳黑子观测工作是一项国际性的观测合作项目。因此，各国都把观测结果汇寄到瑞士的苏黎世天文台。我国的观测结果为世界所重视，成为国际太阳黑子观测研究工作的主要资料来源国之一。

2. 太阳分光观测

太阳分光观测即对太阳发射的谱线进行观测。由于当时天文经费的匮乏，无力购置相应的仪器，此项工作一直无法开展。直至1930年底，天文研究所从国外购置了一架海尔式太阳分光仪，才从1931年1月开始太阳分光观测。这是天文研究所存在期间唯一有系统的正式观测。

观测地点起初设在南京鼓楼测候所，紫金山天文台建成后即迁至天文台太阳分光仪室。抗战期间，又将仪器搬至昆明凤凰山天文台进行观测。

除阴雨天，有雾的天气及仪器维修日外，每日观测4次，每次半小时。把观测到的日珥、黑子、光斑等现象逐日绘图并记录在观测记录簿上。太阳分光观测自1931年1月14日起至1940年12月止，共观测了730天，计有1 362次。参加观测的人员有余青松、高均、李鉴澄、陈展云、李光荫、龚树模、潘璞等。尤以余青松为最多，他自始至终一直坚持观测。这项观测工作也纳入了国际天文协会太阳色球组的工作计划，这些观测记录成为研究太阳活动和演化的宝贵资料。

二、变星和新星的观测

变星和新星的观测是近代天文学的重要研究工作。在辛亥革命以前，这方面的研究工作是一个空白点。这项观测可分为目视观测和照相观测两种。除了专业天文工作者外，还希望大批天文爱好者也来参加这些观测工作，以求累积更多的资料。

中国天文学会成立后，为了推广开展变星观测工作，于1930年3月8日，在广州成立了变星观测委员会，讨论了委员会章程，并在1931年3月27日举行的委员会第一次年会上公布施行，按章程规定："凡中国天文学会会员有兴趣研究变星者，



均得加入为委员。委员观测变星的结果,必须交由委员会发表。"然而,在中国天文学会会员中,业余天文爱好者报名加入变星观测委员会,进行有系统的变星观测并留有记录的只有王兆埙一人。王兆埙是河南开封一个机关的普通职员。中国天文学会成立的第二年(1923)他就参加了学会,成为第54个会员。变星观测委员会一成立,他就报名参加,并积极进行观测。从1931年至1936年,他共得144次变星观测记录,其中特别对天兔座R、天鹅座R、宝瓶座T等11颗变星进行了多次较为精确的观测。他的观测结果曾陆续刊登在《天文台两月刊》上。

辛亥革命以后,国立中山大学天文台主要承担变星的目视观测,所用的仪器为口径152mm的赤道式望远镜。从1930年至1937年底,共观测3449次,参加观测的师生先后达11人之多。观测结果经整理后陆续刊登在《天文台两月刊》第1卷至第8卷上。

中山大学天文台除对变星进行长期的观测外,还对长周期变星的光度变化进行预报。每隔两个月预报一次,从1930年至1937年共预报4897颗长周期变星。预报表中,在星名后面附有"I"或"D"记号,用以表示该星的光度正在逐渐增加或减少,对于光变特别明显的星名后面还加有"*",以供观测者参考。

在变星观测中,国立中山大学天文台的工作人员还特别对造父变星进行了长期的监测和研究,如,从1932年1月30日至1936年1月26日,对造父变星044242SVPersei共进行了81次观测,并做了详细的记录,这项观测结果专门发表在1936年的《天文台两月刊》第7卷第1期上。抗日战争爆发后,国立中山大学天文台就没有再继续进行变星观测工作。

南京紫金山天文台建成后,天文研究所的工作人员即利用罗氏变星仪对造父变星进行照相观测。这项工作是应当时的第三届国际天文学会变星委员会主席沙普勒的邀请而参加的国际协作项目。由于造父变星的光变周期大都只有1天左右,属短周期变星,如果只在一个地点进行观测,无法得出它的光变周期的完整资料,因而需要联合不同经度的多个天文台来共同观测。当时,我国的佘山观象台已被邀请参加这项工作。1935年,紫金山天文台的变星仪装竣后即参加这项联测工作。这项观测工作的主要目的是:各个天文台观测一定限度的变星,尽量求出它的连续光变曲线。在研究光度变化的同时,还研究光谱和色差的变化,以求从测光和分光两方面,对造父变星进行综合研究。



紫金山天文台接受任务后,进行了大量的仪器调试校正和试观测工作。1935年7月2日正式开始照相观测,到1937年8月11日,共观测164天,拍得底片286张,其中拍得造父变星的底片207张。"七七事变"后,变星仪搬至凤凰山天文台,陈遵妫、陈展云等人继续观测,共拍得造父变星底片78张,这些底片还需用罗氏显

微光度计进行度量，才能测得所拍到的造父变星与标准星的光度差，而后再归算处理。可惜的是1936年，罗氏显微光度计刚运抵紫金山天文台就被烧坏，无法使用，以致这些照相底片未能及时处理用于研究工作。

1934年12月14日武仙座出现一颗新星，它的突发变亮引起了各天文台和天文爱好者的浓厚兴趣，纷纷进行观测。12月18日，天文研究所利用小赤道仪对其进行观测，由研究员陈遵妫拍摄到底片一张，经过初步推算，此新星的位置是赤经$28^h5^m.6$，赤纬$+45°50'.9$。此外，又连续观测到3月16日止，共观测25次。其他天文台也都有观测记录。所有的结果都归总发表在1934年的《宇宙》杂志第5卷第11～12期上。这是中国近代天文史上观测到的唯一一颗新星。

三、太阳系天体的观测

1. 流星的观测

流星和陨星观测是实测天文学中最简易又最基础的观测课题。因此，天文研究所的主要研究人员都从事过流、陨星观测。特别是，1932年11月中旬，狮子座流星群十分活跃。在此期间，高均、陈展云、李鉴澄、杨惠公等人被指派轮流值班观测，他们共观测了8天，见到126颗属于狮子座流星群的流星。陈遵妫也自发地在1932年11月15日至17日对狮子座流星群进行了观测。他们的观测结果都刊登在1933年1月出版的《宇宙》第8卷第7期上，这是一期狮子座流星群专辑，根据这些观测资料推断，狮子座流星群已日趋衰败，活动性已减弱。此后，天文研究所一直坚持观测这个流星群，直至1933年11月因观测到的流星数愈来愈少，才终止了观测。



2. 彗星观测

天文研究所成立前后，我国对彗星的观测都是比较重视的，只要得到发现彗星的报告立即就进行观测并尽可能地记录下来。值得一提的是，1941年2月2日傍晚，昆明凤凰山天文台的助理研究员刘在明肉眼看到一颗位于鲸鱼座和玉夫座附近的彗星，当时由于其附近有薄云，辨不清其尾部，因此不敢断定是否为彗星。第二日晚，恰逢晴天，又进行观测，已明显可见彗尾，由此断定为彗星，此后从2月3日至6日，天气晴朗，每天用变星仪拍摄1～4张底片，共得7张底片，在2月12日以后又连续拍得17张底片。由于没有坐标量度仪，无法定标。直到美国叶凯士天文台关于这颗彗星的观测资料寄达天文研究所，刘在明和李鉴澄利用自己的观测资料计算轨道根数，确定彗星的方位，所得结果基本与叶凯士天文台的结果相符。这颗彗星虽然发现于1941年1月24日，被命名为1941C Dekoek-Paraskevopoulos彗星，表明是1941年1月下旬由Dekoek和Paraskevopoulos两人发现的。但是，



刘在明是在没有得到任何外来消息的情况下完全独立发现并观测的，这在我国近代天文学上是唯一由中国人发现和观测到的彗星。刘在明和李鉴澄将自己的观测和计算结果整理成一篇论文《彗星 1941C Dekoek-Paraskevopoulos 之轨道根数》，发表在 1942 年 10—12 月出版的《宇宙》第 13 卷 4—6 期上。此后，张钰哲和李鉴澄又用 1941 年 1 月至 7 月间共 15 次观测的资料对刘、李两人原先计算的轨道进行改进，得出新的轨道根数，他们的文章《彗星 1941C Dekoek-Paraskevopoulos 之新轨道》也登载于 1943 年 10—12 月出版的《宇宙》第 14 卷 4—6 期上。

3. 行星和月球观测

天文研究所、青岛观象台、佘山观象台、凤凰山天文台和国立中山大学天文台都做过行星观测，特别是对一些特殊天象都及时进行观测。天文研究所期间，有关行星、月球的观测主要有：

(1)1933 年 12 月 20 日，月掩金星和土星的观测。根据当时天文研究所的推算，南京地区所见月掩星的时刻是：

星名	被掩时刻	复圆时刻
金星	14^h21^m	15^h46^m
土星	16^h54^m	17^h35^m

陈遵妫和李鉴澄用 20cm 的折光赤道望远镜进行观测，结果只看到月掩金星。金星的亮度为－4 等，视半径 17″。观测土星时由于土星仅 0.9 等，亮度太暗，没有观测到。

(2)1935 年 1 月 19 日发生月全食，余青松等利用小赤道仪的 15cm 照相望远镜拍摄到月亮从初亏到复圆的全过程，共得 8 张底片。自此以后，凡有月全食，都进行照相观测。

(3)1935 年 4 月，火星接近地球，达到大冲。世界各国天文台对此十分重视，纷纷进行观测。天文研究所也利用小赤道仪的 20cm 折光望远镜进行观测，并绘制了多幅火星表面图。

(4)1940 年 2 月 20 日前后，水星、金星、火星、木星和土星五大行星联成一线，同时出现在天空中，成为一个难得的奇观。时在凤凰山天文台，用变星仪拍摄到两张“五星联珠”的珍贵照片，五大行星都呈现在同一底片上。实际上，天王星和海王星此时也同时出现在天空上，因此是“七星联珠”的特异天象。

第三节　日食观测

日食观测是天文研究所非常重视的观测研究工作。因此，专列一节来记述日

食观测的主要成果。

一、1936 年的日全食观测

1936 年的日全食在中国国内没有地点可以观测到，但日全食带经过苏联的西伯利亚地区和日本的北海道地区。为了取得日全食的观测资料，当时的中国天文学会日食观测委员会负责主持这项观测任务，决定派两个观测队分赴苏联伯力和日本北海道观测，是为我国天文工作队前往国外观测的创举。

日本北海道观测队由天文研究所所长余青松亲自带队，队员有陈遵妫、魏学仁、邹仪新、沈璿、冯简等人。他们携带了南京紫金山天文台的 16cm 紫外天文照相望远镜，焦距为 1.5m，测得的日面像直径为 1.4cm，并在出发前对仪器做了改装，以便适用于日全食观测。另外，还带了一架 35mm 的电影摄影机、计时表、照相底片等共 10 多箱有关设备。1936 年 6 月 3 日从南京出发。观测地点选择在日本北海道一个小村落枝幸村。根据预报，在枝幸村可以见到日全食的时间为 1 分 57 秒。由于可见时间比较短，全队在余青松所长的带领下，对观测程序做了严格的分工和周密的准备。6 月 19 日日全食那天，北海道天气特别晴朗，日食发生的时刻，观测队在紧张而有条不紊的气氛中顺利地进行了观测，获得了很大的成功。

这次观测共拍摄了日冕照片 4 张，其中有一张是紫外像。另外还拍了 3 组日全食过程的影片。一组是 35mm 的电影胶卷，摄得的日冕像既大又清晰，且金星也在影片内可见。一组为 16mm 的胶卷，拍摄了自初亏至复圆日全食的全过程。另一组是 16mm 的彩色胶卷，拍摄的效果很佳。

这次观测也使中国天文工作者在日全食观测方面获得了许多宝贵的经验，为今后同样的观测打下了基础。这次观测所得的照片和电影片虽然没有很大的学术意义，但却为普及和宣传天文知识发挥了重要的作用。北海道观测队于同年 7 月初返回南京。

赴苏联伯力的观测队是由当时的国立中央大学物理系张钰哲教授主持的，但人员只有他和李珩两人。他们带了从青岛观象台借的口径为 32cm 的镜头，焦距为 3.58m，用它摄取的日面像直径可达 3cm。还带了测定日食时刻用的经纬仪和计时表等。他们于 6 月 12 日凌晨到达伯力。不幸的是，6 月 19 日日全食发生的那天，天气骤然变坏无法观测，观测未能成功。张、李二人于 6 月 30 日回国。

除派出两队赴国外观测外，在国内的南京紫金山天文台、国立中央研究院的物理研究所以及青岛观象台等单位也组织了日偏食的观测。

二、1941 年的日全食观测

在中国近代天文学史上，1941 年 9 月 21 日发生的日全食有着很特殊的意义。



因为日全食带从中国的西北部新疆入我国国境，经青海、甘肃、陕西、湖北、江西、福建至浙江省出境，我国的可见区非常广阔。中国天文学会日食观测委员会对这次观测做了充分的组织和科学准备。首先根据1936年6月19日赴国外的两个观测队的经验和教训，制订了关于这一次观测的计划和人员分工。日食观测委员会于1937年5月5日举行了第二届常委会，后又于6月16日举行了第二次秘书处会议。会上通过了观测的组织计划，决定成立多个观测队：①检验爱因斯坦效应1个队；②拍摄太阳光谱2个队；③拍摄日冕、日珥图像7个队；④精密测定初亏、食既、生光、复圆时刻的10个队；⑤测量日冕亮度10个队；⑥观测日食时高空及地面气象变化10个队；⑦观测日冕光线的分极性1个队；⑧测量日面辐射热1个队；⑨观测日食对于地磁要素的影响3个队；⑩观测日食对大气电离层的影响3个队；⑪日食对射电辐射的影响1个队；⑫拍摄日全食全过程的电影10个队。十分可惜的是，日本帝国主义发动了侵华战争，以致日食观测委员会的计划大部分都无法付诸实施。又由于战事纷乱，从国外订购的仪器只能先运抵香港寄存而无法运抵南京，只能将先前用过的日食观测仪器修整组装后用以观测。1941年2月9日，中国日食观测委员会在重庆中央研究院办事处举行第四届常委会，最后决定组建两支观测队，定名为“中国日食观测委员会西北观测队”和“中国日食观测委员会东南观测队”。

参加西北观测队的工作人员有天文研究所的张钰哲、李珩、陈遵妫、李国鼎、龚树模5人，金陵大学理学院的潘澄侯、胡玉章、区永祥3人，中国天文学会高鲁、陈秉仁2人，另外还有中央大学物理系的高叔架协助观测。观测地点选在甘肃临洮。日食那天，临洮的天气晴朗，观测大获成功。得到的结果计有下列几方面：

(1)观测记录了日全食的全过程和各个阶段发生的时刻：

食像	实测时刻	预报时刻	误差(秒)
初亏	$9^h29^m42^s.1$	$9^h29^m32^s.3$	$+9^s.8$
食既	$10^h50^m36^s.6$	$10^h50^m38^s.0$	$-1^s.4$
生光	$10^h53^m38^s.8$	$10^h53^m37^s.6$	$+1^s.2$
复圆	$12^h18^m36^s.0$	$12^h18^m41^s.0$	$-5^s.0$

同时还观测到日面上有两群黑子，每群均由六七个黑子组成。

(2)拍摄到日冕照片3张，这是用22cm的定天镜和16cm的UV照相望远镜拍摄的。

(3)采用露光计测得日冕的亮度约为望月的0.37倍。张钰哲、李国鼎等人曾将此项观测的结果撰写成《民国三十年九月二十一日全食之日冕全亮度》一文，刊载在《宇宙》第13卷1～3期上(1942年7～9月版)。



(4)拍摄了日冕及太阳色球的光谱。此项工作采用国立中山大学物理系的摄谱仪在暗室内进行,共摄得4次光谱。首先是在日全食前拍摄了太阳光谱,食既时拍摄了色球闪光光谱,全食期间又拍摄了日冕光谱,生光后再拍摄太阳光谱,以作对比。其中闪光线在光谱中非常清晰。

(5)用照相机拍摄了日食现象自始至终逐步变化的情形。共得到18幅太阳像。

(6)共采用3台电影机拍摄日全食的电影。其中两具安置在观测场内,一台拍摄黑白电影,另一台拍摄彩色电影。第三台电影机是准备在空中拍摄的以防天阴,可以穿破云层拍摄日食过程。

(7)日全食时的气象观测。从观测得的结果可知,空气温度自初亏至全食均降低3℃。风向初自北来,全食而后转为东北,整个日食期间的日影波动十分明显。

(8)日全食时的广播工作。日食期间当时中央广播电台台长亲临甘肃临洮,担任广播工作,向全国民众报告日食的情况,在初亏、全食、复圆时刻各广播一次,每次20min左右。使民众了解此次日食的情况。

东南观测队分为天文观测和地磁测定两组。天文组由中山大学天文台负责,地磁组由中央研究院物理研究所负责。张云为队长,物理所的陈宗器为副队长,邹仪新为干事。观测地点定在福建省崇安县。但日食那天,因天阴,天文组一无所获。仅有地磁组测得地磁水平分力减小,地磁偏角约偏西2′,地磁垂直分力向下增大等现象。

三、1948年的日环食观测



1948年5月9日发生在中国浙江诸暨镇一带的日食是日环食。与日全食相比,日环食观测的科学价值要小些,因此没有像前两次那样重视。美国陆军派了一支观测队到我国浙江省的余杭县进行观测,天文研究所所长张钰哲当即决定中止在美国的访问而参加美国队回国,并要求天文研究所也派一支观测队到余杭县与美国观测队会齐,一起进行日环食观测。参加观测的有天文研究所的陈遵妫、陈彪、徐德祥及中央大学物理系教授施士元等。

天文研究所观测队制定了观测日环食的几项主要任务:①测定日环食各阶段发生的时刻和日食的时间间隔;②拍摄日环食的全过程;③测定日环食期间太阳亮度的变化。遗憾的是,日环食当天阴云密布,前两项任务都无法完成,仅最后一项任务在阴云飘过露出日光的短短间隙内抢拍了一些,因而精度也很差。



第四节　理论研究工作

从辛亥革命至中华人民共和国成立前夕，中国的天文学家们在艰苦的条件下不仅在实测方面做出了很多成绩，为中国天文事业的发展作出了贡献，同时在理论研究方面也做了大量工作，在国内外的天文刊物上发表了许多学术论文。根据论文作者的情况，分述如下。

由当时天文研究所和其他天文台站的工作人员所撰写和完成的论文，约有50篇。其中，天文研究所工作人员为了完成研究所的创建和仪器安装调试等的业务需要发表了7篇论文：

(1)陈遵妫：《求气温对于时计变差之关系》，未发表。

(2)余青松、李鉴澄：《160毫米径透镜色象差之试验》，《宇宙》(1937年1月)第7卷第7期。

(3)张钰哲、李鉴澄：《测算1941CParaskevop-oulos彗星轨道》，*Astronomical Journal*(1944)第51卷第51期。又转载于《天文研究所集刊》第7号。

(4)龚树模：《证解赤道仪极轴偏差值之简法》，《科学》第25卷第9～10期。

(5)李珩：《地平镜装置中日像方位之研究》，《天文研究所集刊》第3号。

(6)龚树模：《定天镜极轴之微分法校正》，《宇宙》(1944年4～6月)第14卷第10～12期。

(7)陈彪、罗定江：《紫金山天文台动丝测微器之常数》，未发表。

天文研究所工作人员自选的研究课题论文共有32篇：

(1)高鲁：《星象统笺》，《天文研究所专刊》第2号。

(2)高均：《研究流陨之历理》，未发表；《研究宋代天文学的精密程度》，未发表；《〈史曰长编〉的写定》，《天文研究所专刊》第1号；《月轮估计度量之分配及其意义》，《天文学会会报》第6期(1930年)；《日食周期之新研究》，未发表。

(3)陈遵妫：《流陨的研究》，《天文研究所专刊》第3号；《彗星的研究》，未发表；《殷代日月食记事的研究》；《以统计方法研究新星》，《宇宙》(1937年7月)第7卷第13期。《中国古代天文史料的研究》，《宇宙》(1945年1～3月)第15卷第1～3期。《前汉流彗记事》，《宇宙》(1945年7～9月)第15卷第7～9期。

(4)潘璞：《日珥运动论》，*Annales I'observatorreclеParis*，tomeⅧ(1939)。

(5)戴文赛：《恒星之对流平衡与色温度》，*Monthly Notices* Vol. 102(1942)，285，后转载于《天文研究所集刊》第6号；《仙后座γ星光谱变化之物理说明》，《宇宙》第14卷第4～6期；《猎犬座α^2星的光谱变化》，*Astrophysical Journal* Vol. 96

(1942)218,又转载于《天文研究所集刊》第8号;《特殊B型发射星之物理模型》,《宇宙》(1946年)第16卷第10～12期;《研究变星的演化》,未发表。

(6)张钰哲:《Boss恒星表三万余星自行之研究》,《天文研究所集刊》(1944年)第8号;《研究自转银河系内星团稳定性问题》,《宇宙》(1945年1～3月)第15卷第1～8期;《中国古代天文学之研究》,《天文研究所集刊》第10号;《从彗星摄动计算冥王星之质量》,未发表;《食变星BD—6°2376的发现》,《天文研究所集刊》第115号。或*Astrophysical Journal* 106(1947)308;《食双星之分光观测》,*Astrophysical Journal* 107(1948)96,或《天文研究所集刊》第12号;《海王星及其卫星质量之比值》,未发表;《蝎虎座RT食变星之光变曲线》,未发表。

国立中山大学天文台的师生共发表论文7篇。青岛观象台的研究人员撰写了近10篇研究论文。大都发表于《宇宙》杂志、《天文研究所集刊》及《国立中山大学天文台两月刊》。

中国天文学家和物理学家在国外留学和工作期间也撰写了大量论文,不再一一列举。



第十七章　天文学术团体和出版物

第一节　中国天文学会

一、发起与沿革

民国成立初年，由于“五四”新文化运动的冲击，各种学科的学术集会、讲学风气日盛。然而，天文学科在一般民众中传播比较少，颇受冷落。为了推进天文学的发展和宣传普及天文基本知识，当时的中央观象台台长高鲁及观象台全体同人决定先用“天文学会”的名义，发刊《观象丛报》，向社会公众宣传天文常识，刊登天象图表和简易的观测方法等，以求征集有志从事天文工作的研究人员和业余爱好者。至1922年10月30日中国天文学会在北京中央观象台正式成立并经北洋政府教育部批准立案。

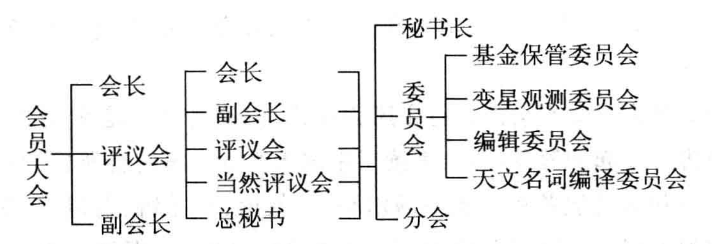
中国天文学会成立大会的执行主席为高鲁，记录员为夏震龙、陈展云。成立大会上高鲁报告了发起和筹备经过，宣读了中国天文学会筹备会所发的《发起中国天文学会启》，一些著名学者和人士如汤尔和、马叙伦、蔡元培、金绍清、秦汾、李书华等人相继演说致贺。当时有会员47人，选举高鲁任会长，秦汾任副会长。在成立大会后制定了“中国天文学会《简章》”（见本节附录》。按简章规定，中国天文学会的宗旨为：“以求专门天文学之进步及通俗天文学之普及”。

中国天文学会初创时的组织机构比较简单。其后，根据《简章》规定，每年要召开一次会员大会。每次年会的主要内容有：①会长报告上一年的会务工作；②秘书长汇报学会收支；③学术论文报告；④讨论会员提案；⑤改选或增补职员；⑥修改会章。1934年，为搜集学会的历史和活动情况，学会编撰出版了《中国天文学会一览》（初版），较为翔实地记录了学会自1922年成立以来10多年的史实，但是因抗战爆发，初版的《中国天文学会一览》绝大部分都散失。当时的天文学会认为：“本会为千年万撰之事业，同人深感承前启后之职责綦重，故虽际兹国事艰危之秋，经济拮据之日。于目前之会务固不敢过事铺张，而于前人缔造之艰辛，则不敢有所忽略，此再版本编之微意也……”于是在1939年11月增订再版了《中国天文学会一览》（第二版），全面反映了中国天文学会自创立以来17年的活动情况和组织变迁。

遗憾的是从此以后一直到解放前没有再出版过新的版本。从 1940 年到 1948 年的天文学会情况都刊载在《宇宙》杂志上，没有专门搜集起来成册。

二、组织系统和会员情况

根据天文学会的章程，每次会员大会都要对章程进行讨论或者修订。在 1943 年以前，中国天文学会的章程共修订了 5 次。每次修改都提出有关的组织系统调整等问题。初创立时，中国天文学会设会长 1 人，副会长 1 人，评议员 9 人，书记员 2 人，会计员 1 人，庶务员 1 人。1923 年 10 月 28 日召开了第一届年会并对章程进行了第一次修订，增添名誉会长，评议员确定为 9 人，增设总秘书，并将书记员、会计员和庶务员一律称为秘书。1925 年 10 月 25 日～27 日召开的第三届天文学会年会上对章程进行了第二次修订，主要是增设团体会员和下属委员会。第三次修订是在 1931 年 12 月 23 日在南京召开的第九届年会上，其要点是，增设赞助委员会，删去名誉会长职务。1937 年 7 月 9 日～11 日在青岛召开第十四届年会时，又对章程进行了第四次修订，增设了当然评议员席位。此后，中国天文学会的组织系统扩展为如下的形式：



1943 年国民党政府社会部规定所有的学会都须按统一的组织格式设立理事会和监事会。于是在第十九届年会上对学会章程进行了第五次修订，将原有的 17 条扩充为 38 条。修订的主要内容有：①第一章《总则》第二条修改为："本会以求天文学之进步及普及为宗旨。"②增订第二章《事业》第五条"本会举办之事业如下：一、观测天象，二、联络研究，三、编译天文图书，四、编订天文名词，五、奖励天文学著述，六、其他有关普及天文学工作。"第四章《组织》增添了第十三条："本会置理事九人，候补理事四人，监事三人，候补监事一人；组织理事会、监事会。理事会得互选常务理事三人，组织常务理事会；监事会得互选常务监事一人。"第十四条："本会置理事长一人，由理事会就常务理事中推选之。"1944 年 10 月 14～15 日又举行了第二十届中国天文学会年会，会上通过了新修改的章程，其中增订了第四章《组织》中的第十八条："本会因办理特殊事务或研究专门学术，得分设委员会，其主任委员，由理事会推选之。委员由主任委员提名经理事会同意后聘任之。"新的组织系统一直延续到解放前夕。



按照中国天文学会章程第四条规定:"本会发起人均为本会会员,凡曾攻天文学及与天文学有关系之学科或愿研究天文学者由会员二人以上之介绍,经大会或评议会通过得为本会会员,凡赞成本会宗旨之学术团体由本会会员之介绍或自行请求加入,经大会或评议会通过得为本会会员。个人会员一次性纳会费 50 元以上者,经大会或评议会通过,得推为本会永久会员。个人或团体特别赞助本会者,经大会或评议会通过,得推为本会赞助会员。凡在天文学上有特别贡献者,经大会或评议会通过得推为本会名誉会员。"根据这些原则,天文学会得到很快的发展。在筹备时,会员不满 10 人,到 1922 年中国天文学会正式成立时,会员已达 40 多人。全国解放前夕,中国天文学会会员已达 688 人,其中,名誉会员 11 人,赞助会员 8 人,永久会员 157 人。此外,还有团体会员 6 个。由此可见,中国天文学会把我国众多的天文工作者、与天文有关的学科工作者和天文爱好者联系在一起,对我国的天文事业发展和普及起了很大的推动作用。天文学会会员中还有一些国外的华侨,他们经常通过信函往来与中国天文学会联系,成为中国天文学会与国际天文界交流的纽带。

中国天文学会通过对会员收纳会费、接受社会捐赠、政府补贴和发行刊物等多种渠道收集经费,以满足学会的日常开支,编印《中国天文学会一览》(初版,第二版)和《会员通讯》等刊物。

三、专业委员会

1. 编辑委员会和天文名词编译委员会

中国天文学会筹建后,为了出版学会的定期刊物和其他各类天文丛书,在 1930 年成立"编辑委员会",并选举余青松、高均和陈遵妫三人为委员,负责编写《观象丛刊》、《中国天文学会会报》等会刊。1936 年 5 月 9 日在中国天文学会第十四届评议会第一次会议上制定了《编辑委员会简章》,规定由评议会推定委员若干人,其中选出主任委员 1 人负责委员会的工作。此后,在 1941 年又对此做了一些修改,以后一直沿用至 1949 年。



1930 年,第八届年会上决定成立"天文名词编译委员会",推定委员 9 人,担任天文名词编译审定工作。此后,高均、张云、张钰哲等人都对天文名词进行了编订,朱文鑫还编辑了《英汉天文辞汇》。1933 年 4 月,南京政府教育部召集会议通过了天文学名词 1 324 条及 88 个星座的名称,交由国立编译馆校订出版。此后又于 1936 年第十四届评议会第六次会议暨天文名词编译委员会联席会议上商定了"暂拟编订天文学名词原则",对原来出版的名词进行了增补,并函请国立编辑馆重新审订出版天文学名词。

2. 变星观测委员会

中国天文学会成立后，不少会员就提议成立变星观测委员会把全国有志从事变星观测的专业天文工作者组织起来。1925 年 10 月 25～27 日举行学会第三届年会时，一致决定设立变星观测委员会。但因经济和仪器上的种种困难，一直没有正式成立。直至 1929 年 12 月 22 日举行第七届年会时，会员张云又提出议案，经大会决议才正式实施。变星委员会暂设于广州中山大学天文台内。委员散居于各地，广州市的委员数目最多，他们大都利用中山大学天文台之望远镜进行观测。在其他地区的委员，也都借用当地的望远镜或自备望远镜进行观测，观测结果都寄往变星委员会统一发表。委员会每两个月刊行观测报告一次。每隔两年再汇集观测结果，出版一册年报并且按期将报告寄往国外，与其他国家的学术团体和天文台进行交换。变星委员会的工作一直延续到解放前。

3. 基金保管委员会

学会成立后，就设立了基金保管委员会。学会的基金包括会务基金和各项奖励基金两部分。

学会的经费，计有四项来源：①会员交纳的会费；②特别捐助；③政府机关补助；④其他收入(如存款的利息、发售刊物以及刊物的广告费等)。这些经费的用途主要有三类：①会务费，凡普通事务上之费用及定期刊物的印刷费均由此支出；②事业费，主要用于研究工作上的设备费和其他费用，如变星观测委员会的一切费用、学术著作的出版印刷费用等；③奖励金，主要用于奖励天文学术研究、优秀论文等。三类费用独立核算。

中国天文学会设有两种奖励基金，用以奖励天文学著作。奖励基金分为隐名奖金和淡园主人奖两种。隐名奖金系热心促进科学而又不愿透露姓名的人捐给天文学会的款项，这项经费作为定期存款，主要取其利息，分期征求通俗天文学著作，每 5 年评选授奖一次，藉以激发社会公众对天文学的关注和兴趣。淡园主人奖金是由天文学会的名誉会员柯鸿年捐赠的经费，主要用于补助中国出席国际天文协会人员的差旅费以及奖励中国古天文学著作，每隔 2 年或 3 年颁奖一次。

四、学术活动和交流

中国天文学会在普及通俗天文学方面起了很大的作用。除定期或不定期地出版天文刊物，撰写天文方面的科普文章外，还经常举行各种学术讲演，进行口头宣传普及。学会成立的最初几年，几乎每月都要举行演讲会。学会迁往南京后，每月不再举行，但在每届年会或学术纪念活动时仍然开演讲会。

中国天文学会也担任了我国天文学界与国际天文学界的联络交流任务。天文



学会的章程上特别提出："凡一科学术之促进，必须相与观摩以资鼓励，量力互助以增效率，庶几集合意见得成系统。……凡遇必需协力合作之事业，皆由本会为元居中联络。即我国全国天文学界与国际天文学界之联络交际，亦多由本会担任。"

从中国天文学会成立至解放前夕，中国天文学会承担的国内外天文学界交流工作有：

(1)国际天文协会第二届大会于1925年7月14～23日在英国剑桥举行，中国派遣了天文学会会员张云出席。

(2)1928年7月5～13日在荷兰来顿举行第三届国际天文协会大会，中国天文学会会员余青松和赵进义出席了会议。

(3)国际天文协会第五届大会1935年7月10～17日在巴黎举行，中国由会员高均和潘璞参加了此届会议，并在此次会议上正式加入了国际天文协会。

(4)国际天文协会第六届大会于1938年8月在瑞典举行，天文学会会员余青松被派为出席代表。当余青松行抵香港，已值6月底，但民国政府财政部核准购买外汇公文还未发下，这样就不能按时赴会。由此，余青松未能来得及出席会议，只好返回南京。

(5)第四次太平洋科学会议天文组于1929年5月24日在印度尼西亚万隆举行，由学会会员余青松出席。

(6)1934年11月，中国天文学会发起筹备观测日食，联合了国内各研究机关、各大学、各天文台及学术团体，组织中国日食观测委员会。1936年6月，由会员余青松、陈遵妫、魏学仁、邹仪新、沈璿组成一支观测队赴日本北海道观测。又由会员张钰哲、李珩组成另一支观测队赴苏联西伯利亚伯力市观测日全食。

中国天文学会成立后成为团结全国天文工作者的纽带，也架起了中国天文学界与国际天文学界联系的桥梁。为中国天文学的开拓发展作出了贡献。



附

中国天文学会简章(创立时订)

第一条　本会定名为中国天文学会

第二条　本会以求专门天文学之进步及通俗天文学之普及为宗旨

第三条　本会设在北京

第四条　会员资格

凡曾专攻天文学及与天文学有关系之学科或办理学艺事业有成绩者由本会会

员二人以上之介绍得为本会会员

本会发起人及赞成人均为本会会员

特别赞助本会者经本会评议会通过得推为本会名誉会员

特别捐助本会者经本会评议会通过得推为本会永久会员

第五条 本会经费以下列各项充之

一会员所纳会费

一特别捐

一官厅补助费

第六条 本会置左列之职员

会长一人

副会长一人

评议员九人

书记员二人

会计员一人

庶务员一人

会长副会长评议员由会员公选其他各职员由会长指名委托

第七条 本会设评议会以评议员五人至九人组织之会长副会长均为评议员

第八条 本会职员任期一年任满被选得以连任评议员任期三年每年改选三分之一

第九条 本会选举分二次投票第一次选举会长副会长第二次选举评议员

第十条 本会重要事务由会长副会长提交评议会议决之

评议会开会时以会长或副会长为主席如会长副会长均不到时由评议员临时公推主席

凡有会员十人以上提议事件得由会长提交评议会议决之

第十一条 本会每年开大会一次由职员报告前年会务兼选举会长副会长及评议员并得讲演学术讨论事务

第十二条 本会得举行临时讲演

第十三条 本会每月发行杂志名曰观象丛报

第十四条 本会会员每年纳会费二元但会员一次交足五十元者为永久会员

第十五条 本会会员之举动有碍本会名誉者经评议会认定得除其名

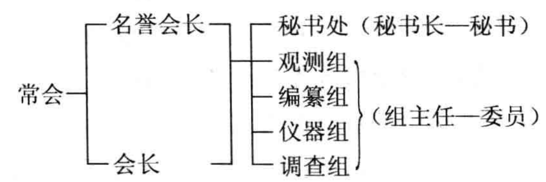
第十六条 本简章得由会员五人以上提出修正经大会到会者三分之二以上之同意通过之



第二节　其他天文学术团体

一、中国日食观测委员会

1933 年中国天文学会接到日食预报：1936 年 6 月 19 日在中苏边境地区能见到日全食，1941 年 9 月 21 日在中国中部各省都能见到日全食。为此，在 1933 年召开的第十一届年会上决定派观测队去观测 1936 年的日全食。1934 年 6 月 21 日中国天文学会举行第十二届评议会第一次会议作出决议："先组织一个日食观测委员会，推定高鲁、高均、张钰哲、余青松、陈遵妫五会员起草进行计划。并函请沈璿会员参加意见。"此后，高鲁等人着力筹备，至 1934 年 11 月 19 日在南京紫金山天文台举行日食观测委员会成立大会，并通过了章程。初成立时的组织系统如下：



中国日食观测委员会的章程自成立会通过后，在委员会的第二届常委会上进行了修改，把原来的第二条"本会以观测日食及研究与日食有关各问题为宗旨"修改为"本会以筹备民国三十年（即 1941 年）日全食为宗旨"。第三届常会又将原第七条"本会设会长一人，由会员会推之，任期一年"，并增加了第八条。两次修补后的章程共 13 条。按章程规定，中国日食观测委员由下列学术团体及研究机关组成：中国天文学会、中国物理学会、中央研究院天文研究所、中央研究院物理学研究所、中央研究院气象研究所、中山大学天文台、青岛观象台、清华大学研究院。后来，又邀请了私立金陵大学理学院。经费由各参加组织团体机关分担。特殊的费用由政府与国立机关补助或捐赠。历届的职员为：

会长：蔡元培（1934 年 11 月 19 日至 1940 年 3 月 5 日逝世止）

李书华（1931 年 3 月 26 日起任）

名誉会长：朱家骅（1941 年 3 月 9 日起任）

陈立夫（1941 年 3 月 9 日起任）

秘书长：高鲁（1934 年 11 月 19 日起任）

秘书：陈遵妫、丁燮林、余青松、陈展云（1934 年 11 月 19 日起任）

中国日食观测委员会成立后，即着手组织观测日食，详情已在上一章介绍。中国日食观测委员会在完成观测日食任务后，即宣布解散。



二、中国天文委员会

1919年，国际天文协会成立，它是联合各国具有代表性的天文学家共同协议有关天文学各种问题的国际天文学术团体。1935年7月10～17日中国天文学会派高均、潘璞等人出席在巴黎召开的国际天文协会第五届大会。在会议期间，中国天文学会正式加入国际天文协会。根据协会的章程，凡成员国必须成立主持参与国际天文协会各项事宜的专职机构——国家天文委员会，有的国家用政府名义或科学院名义代替天文委员会。中央研究院决定由天文研究所和中国天文学会共同组织中国天文委员会，委员会于1936年9月15日正式成立，并制定了章程。章程规定："中国天文委员会以促进及整理国内天文学之研究为宗旨，尤其注意与国际天文学界之联络。"每届国际天文协会大会开幕之前，由中国天文委员会负责推举中国参加国际会议的代表并呈报中央研究院审核批准。

中国天文委员会设常务委员5人，中央研究院天文研究所所长及中国天文学会会长为该会当然常务委员，其余常务委员由两位当然委员选定，常务委员的任期为3年，可以连任。天文委员会的委员由天文研究所及中国天文学会提出名单，由常务委员会通过，也是任期3年，可以连任。第一届天文委员会的成员是：

当然常务委员：余青松、高鲁

常务委员：　　高均、张钰哲

委员：　　　　陈遵妫(兼秘书)、朱文鑫、李珩、李铭忠、沈璿、赵进义、蒋丙然

第二届委员由第一届委员连任。1941年召开第十七届中国天文学会年会期间，对天文委员会的章程做了一些修改。特别是章程规定："本会委员由国内天文研究机关研究员、大学天文教授及曾在国外研究天文者推举之，但得票最多者为当然，任期3年，但得连任。"因此，1942年采用通信方式，选举了第三届委员会，名单如下：

常务委员：张钰哲、高鲁

委员：李珩、余青松、陈遵妫、张云、戴文赛。

中国天文委员会成立后为协调国内外天文学界的各种事务做了很多工作。1938年国际天文协会在瑞典斯德哥尔摩举行第六届大会，中国天文委员会选派了余青松参加，但由于抗战期间，经费匮乏，外汇紧张，后未能成行。

三、历法研究会

20世纪30年代以后，国际上曾多次掀起历法改革运动，1923年成立了国际历法改革专门委员会。在我国，改历运动也日趋活跃。1932年天文研究所发起组织



历法研究会，并提出："近代之改历运动，其重心已不在推步之疏密，而在年月日周分配之调和。分配办法与政权、风俗、民生、日用、国际交通、社会经济、科学、统计戚戚相关。质言之，今之改历，历家之事，不过什一，而社会之事，乃占什九，安可执天文学界一派之私见，以独断此有关全社会之问题？本所认为应仿各国成例，由政府组织历法研究会，并广征各界人士之意见，庶几全国主张有所集中……"此后，政府召集与改历提案有关的内政、外交、财政、实业、交通、铁路各部，会同天文研究所代表一起讨论研究历法改革问题。

历法研究会共举行过两次会议，决定编辑《改历说明》小册子和印发《征求改历意见单》。1931 年 9 月历法研究会发放《征求改历意见单》10 万份，遍及全国 28 省、5 市、2 特别区，1915 个县，2 个属地，海外使馆等。《征求改历意见单》上所列的历法有 3 种：

甲历（现行历）：年分 12 个月，1，3，5，7，8，10，12 月各 31 天，4，6，9，11 月各 30 天，平年 2 月 28 天，闰年 29 天。

乙历（四季历法）：年分四季，每季 3 个月，共 91 天，每季的前两月各 30 天，第三月为 31 天，每季的第一天均定为星期日。

丙历（十三月历法）：年分 13 个月，每月 4 星期，28 天。每年共 52 个星期，364 天。平年余一日，叫做空日，置于第 13 个月后面，是为岁日。闰年多一闰日，放在岁末。

在《征求改历意见单》中，对年始、月法、日法、纪法、周法、闰法和空日等七项内容征求公众意见。另外，还向征询者提出 5 个问题，征求回答：①中国现行历法是否应改？②中国历法是否必与世界一致？③中国旧历的原则可用否？④周法应与一年之日固定否？⑤每年从星期之何日起？征求意见单发出后半年多，到 1932 年 4 月 16 日止，共收回 831 份，注明征询者人数的有 651 份。相当于征询了 14558 人。根据统计结果，可以看出，大多数人倾向于采用一个新的较为合理的历法，即："一年分为 12 个月，每 3 个月为一季，各有 91 日。每季分为 3 个月，各 30、30、31 日。年始于立春。7 日为一周。闰日及空日皆置于年末，均不计在月内或星期内。"但这样的历法并没有付诸施行。因为，国内各机关单位、社会民众对改历的提案和意见，各抒己见，要找到一个最好的立法方案是一件很困难的事。因此，历法研究会也只是对各类意见做一统计，再向上级机关反映而已，并没有真正改动历法，后来也仍是沿用国际通行的公历制。



第三节　近代天文出版物

中国近代天文学的诞生、发展历史上，天文出版物起了很重要的作用，它不仅

记载了整个中国近代天文学发展的历史，而且对天文学术研究的交流，天文知识的推广起着极其重要的桥梁作用。近代天文出版物主要是指辛亥革命以后至中华人民共和国成立前夕近40年间出版的有关天文学方面的刊物和图书。

一、近代天文刊物

按刊物出版发行的先后次序排序，从1911—1949年间，出版的天文刊物有：《观象丛报》、《观象汇刊》、《中国天文学会会报》、《国立中山大学天文台两月刊》和《宇宙》等5种。

1.《观象丛报》与《观象汇刊》

《观象丛报》创刊于1915年7月，是月刊杂志，至1921年10月停止，共出版了7卷69期。《观象汇刊》是继《观象丛报》后出版的类似刊物，自1923年7月出版第1期后，终因军阀混战、经费拮据而停刊。这两种刊物所发表的论文，包含天文学和气象学两门学科的内容。一部分文章是专业性的论文，另有不少天文和气象方面的科普文章。为了吸引读者，有些长篇论著或译作采用连载形式逐期刊登，如高鲁撰写的《二十八宿考》，胡文耀写的《中国历代流星陨石表》及廖鸣韶翻译的科普作品《空中世界》等。

从刊物的内容上看，比较丰富多彩，文字生动活泼，反映了辛亥革命以后近10年中近代天文学的发展状况和学术水平。然而，非常可惜的是，这两类刊物大都散失了，仅国家图书馆有一些藏本，但也残缺不全了。

2.《中国天文学会会报》

《中国天文学会会报》第1期于1924年出版，每年出一期，共出了8期，从第9期开始改为不定期刊，1933年出版了第9期，抗战后就停刊了。以后改为《会员通讯》这种不定期的刊物。

在《中国天文学会会报》的第1～9期中的主要内容有：①每年的天象；②天文学会年会报告；③学术论文；④民众来信答复；⑤国内外天文学界消息；⑥天文学会文件和通告；⑦国外学术论文译文；⑧天文学会评议会纪要；⑨历年天文学会会员录。每一期内都配有著名天文学家人像或大型天文仪器的插图。

从第1期至第9期中，共刊载学术论文103篇，译文7篇。内容涉及行星、流星、陨星、恒星、银河系等，还有一些有关天文学史方面的内容以及天象观测记录报告等。

3.《国立中山大学天文台两月刊》

由中山大学天文台主办的《国立中山大学天文台两月刊》自1930年2月创刊至1936年12月停刊，共出版了7卷42期。当时的国立中山大学天文台台长张云



撰写了发刊词，他在文中写道："要想科学进步，第一个关键就要打破秘密和门户之见，大家赤裸裸的，媸也献献，妍也献献，尽力表现，使后来的能取长补短，用最少的工作，收最大的效果。"在这样的宗旨指导下，两月刊办得有声有色，内容很丰富，成为近代天文学特别是30年代主要的天文学术刊物之一。两月刊的每一期正文前都附有一二幅插图或照片。正文的主要内容有：①学术论文，主要刊登中山大学师生们写的论文；②太阳黑子概况，开始几期是以《太阳斑点之概况》栏目为名的，从第5卷起改称《太阳黑子概况》，每期内都载有两个月内的太阳黑子观测表，执笔者主要有：伍瑶斋（第1卷第2期到第3卷第3期）、邹仪新（第3卷第4期到第6卷第2期）、邓纪荣（第6卷第2期到第7卷第4期）、蔡绍斋（第7卷第5～6期）；③最近天文界消息，主要介绍在1930年1月到1936年12月期间天文学上新发现的天体和天文学新进展的信息，大多译自国外的报刊；④中国天文学会变星观测委员会报告。变星观测委员会成立后，会址设在中山大学天文台内，推张云为主任委员。变星观测的结果和变星光度的预报表每两个月发表一次，登载在《国立中山大学天文台两月刊》的附录内，每两年刊行年报一次；⑤广州天气状况和气象观测表；⑥国立中山大学新到的图书杂志一览表。

4.《宇宙》

《宇宙》杂志是中国近代发行期最长、影响最广泛的天文期刊。1930年4月4日，在南京天文研究所举行了中国天文学会第八届评议会，出席者秦汾、余青松、周良熙、陈遵妫、陈展云等5人。共讨论了6项事务，其中第四条决议是"关于年刊月刊之集稿、选稿、编辑等事务，先推余青松、陈遵妫、高均三会员为编辑委员，负责办理"。刊物的名称，选定为《宇宙》。1930年7月，《宇宙》杂志创刊，由高均任总编辑，张钰哲撰写了发刊辞，辞中道出了《宇宙》杂志的宗旨：

天包罗万象者谓之宇宙。今《宇宙》之于天文也，亦今古并收，古者所以增历史之兴趣，新者所以承进步之境域。天文之新理论新发现，赖学者穷年累月之研究而始获。欲求理解，谈何容易？而《宇宙》月刊则又能用语浅言深之笔，以之介绍于国人。今四时天象，随地可见；譬如清风明月，不费一钱。然搔首问天，天嘿不语；问难决疑，何不叩诸《宇宙》乎？

由此可见，《宇宙》是以普及天文学知识为宗旨的。一般每期都有插图。抗战期间，由于印刷困难，经费紧张而把插图取消了，但仍坚持出版发行，没有间断。《宇宙》杂志的主要内容有：论著、杂谈天文学知识、宇宙消息、国内外天文界消息、中国天文学会消息、中国日食观测报告、天象、天文史、天文学名词和新书刊介绍等。

《宇宙》自发刊以来深受专业天文学家和业余天文爱好者的欢迎。至今，在南

京大学天文系图书馆和紫金山天文台图书馆还完整地保存着《宇宙》期刊的每一期，这是珍贵的近代天文学史料。

二、中国天文学会在民国时期出版发行的书刊

中国天文学会除出版发行定期或不定期的刊物外，还组织出版天文专著和天文普及刊物。根据《宇宙》第 4 卷(1933—1934 年出版)所载，1935 年以前出版的天文图书有：

《潮汐表》，海道测量局编；《青岛市观象台参加第二届万国经度测量成绩报告书》，青岛市观象台著；《天体力学讲义》，李珩编著；《星团星云实测录》，朱文鑫著；《宇宙之物理本性》，殷佩斯译；《天文浅说》，许炾光译；《从电子到宇宙》，顾均正等著；《宇宙壮观》，陈遵妫编译；《地球》，王谟译；《星图》，陈遵妫编；《秋之星》，赵辜怀编；《星座佳话》，黄石编；《天文家名人传》，陈遵妫译；《天文学小史》，朱文鑫编；《民国廿五年六月十九日日全食》，陈遵妫著；《宇宙之大》，侯硕之译；《国立中央研究院天文研究所概况》(英文版)，余青松著；《恒星光带长度分配的研究》(英文版)，余青松著；《史曰长编》，高平子著；《初定南京鼓楼经纬度报告》，高平子著；《星象统笺》，高鲁著；《流星论》，陈遵妫著。





第十八章　近代天文教育机构

第一节　概况

在1949年中华人民共和国成立以前，曾有5所高等学校设置过天文专业，但坚持办学数十年，历史较长的只有济南齐鲁大学天文算学系和广州中山大学天文系。1952年夏，全国高等院校进行院系调整，齐鲁大学停办，各院系分别并入其他高校，其天文算学系和中山大学天文系合并为南京大学天文系。至此，两校培养天文人才的任务宣告结束，我国天文教育的中心移至南京大学。几十年来，毕业于这两所高校天文专业的人不多，其中从事天文工作的更少。但20世纪40年代末至50年代初考入两校的学生，毕业后（部分毕业于南京大学）大部分坚守在天文工作岗位上，有的从事天文教育和科学研究，有的主要做各天文台、站的组织领导工作。其中佼佼者有毕业于中山大学的叶叔华院士（曾任中国科协副主席、上海天文台台长）和席泽宗院士（曾任中国科学院自然科学史研究所所长）；毕业于齐鲁大学天文算学系的有苗永瑞（又名永睿）院士（曾任陕西天文台台长）。还有一批在教学、科研和组织管理中做出了显著成绩，他们有贺天健、李春生、万籁、李华、郭权世、黄建树、洪斯溢、赵先孜、许邦信、苗永宽、章振大、刘振锐、陈晓中、朱永和等。在新中国天文事业的创建、发展和腾飞过程中，上述诸人始终是中坚力量，作出了各自的贡献。可以说，中国天文工作之有今日，他们的功绩是不可磨灭的。由此也可看出，中山大学天文系和齐鲁大学天文算学系的贡献是巨大的。

除上述两校外，山东大学为适应青岛观象台的人才需求，于1934年和青岛观象台合作在物理系设置过天文气象组。从物理系二年级开始分为物理组和天文气象组，开设的课程有普通天文、天体力学、天体物理等，由时任山东大学教授的李珩讲授。长期在青岛观象台工作的赵怀亮就在该组学习过。抗战时期，山东大学内迁四川，天文气象组停办。另外，厦门大学曾设立过天文系，上海暨南大学在抗战胜利后也设立过天文系，但时间短暂很快停办，未能在培养天文工作者方面有所建树。

第二节　齐鲁大学天文算学系

一、齐鲁大学的历史沿革

齐鲁大学是一所由外国基督教会创办的私立大学，于 1917 年正式成立。其历史可上溯到 1864 年(清同治三年)开办的登州文会馆。

鸦片战争以来，列强用洋枪洋炮轰开了中国的大门之后，在中华大地上疯狂地进行掠夺，带给中国人民无穷的灾难和屈辱。帝国主义深知用坚船利炮可以抢走有形的财富却不能收服人心，必须从文化上、意识形态上改造中国人，才能扩展和巩固殖民统治。因此，伴随着武力入侵，他们大规模地推行文化侵略，主要手段就是传教和办学。受教会派遣，大批传教士涌入中国，美国传教士狄考文(ClavinW. Mateer)就在这股潮流中来到山东登州(今山东蓬莱)。在传教过程中，他感到“以同种传同种易，异种传异种难”，提出“招集天性未漓之儿童”用办学方式“培之以真道，启之以实学，更厚结之以恩义”，来培养死心塌地为帝国主义服务的中国传教士。于是，他在登州城内的观音堂办起了蒙养学堂。应该看到，教会办学有一个从不自觉到自觉的过程，他们是逐渐认识到教育对文化渗透的重大作用的，因此学堂开办之初，经费全由狄考文自行筹措，几乎难以为继，只是到了 1876 年才由教会拨给经费。由狄考文参与发端的办学之风逐渐扩大，在全国各地，教会陆续兴办了一些著名的大学，如北京的协和医学院，长沙的湘雅医学院，北京的燕京大学、辅仁大学，南京的金陵大学，济南的齐鲁大学，上海的圣约翰大学，广州的岭南大学，成都的华西大学等。教会中小学更不计其数。教会办学将现代自然科学输入了中国，为我国培养了不少人才，客观上促进了中国社会的进步和现代化。但是，这绝非他们的初衷，其本意正如狄考文所说“欲立真道之基于中土”。他们从单纯培养神职人员扩展到各个学科领域，用“润物细无声”的手法把西方的文化、观念、意识形态渗入中国人的头脑，其终极目的就是主宰中国。

蒙养学堂的课程除基督教义之外，还有中国的经学和西方自然科学如算术、理化、博物、性理、理财、天文等，可以说是设置天文课程的第一家。1876 年学堂正式定名为文会馆，此时，学校规模已可容纳百余学子，图书和仪器设备也日臻完善，并有观星台一座。1882 年文会馆另一重要人物赫士(W. M. Hayes)前来任教，他编撰了《天文揭要》、《天文初阶》等课本，天文教育得到了加强。1895 年赫士接替狄考文任学堂监督。经过两任监督的惨淡经营，文会馆的天文仪器和图表相当丰富，有口径 10 英寸的望远镜、天球仪、经纬仪、经限仪以及行星绕日表、章动表、恒星表



等。天文教育初具规模，造就了像王锡恩这样的中国近代天文教育的先驱，奠定了以后齐鲁大学天文算学系的基础。

英美教会为加强在华影响，不断扩展所控制的教育事业。1904 年把文会馆迁至山东潍县与英国浸礼会办的广德书院合并为广文学堂，广文学堂又与英国浸礼会在山东青州所办神道学堂以及在济南的医道学堂联合组成广文学校。广文学校一时又称广文大学，是以后齐鲁大学的雏形，其组成部分广文学堂则是齐鲁大学文理学院的前身。

广文学堂继承了文会馆的衣钵，继续开设天文课程，其四年首季（第一学期）有 4 次天文课，次季（第二学期）有 3 次天文课。任教者是赫士和毕业于文会馆留馆任教的王锡恩。

1917 年，在广文学校的基础上成立了齐鲁大学，校址在济南新建门外（今山东医科大学校址）。教会内部的名称是山东基督教共合大学（Shantung Christian University）。学校设文、理、医、神四个学院（神学院于 1929 年脱离）。同时建立的天文算学系属理学院，由王锡恩任系主任，是当时各系主任中惟一的中国人。

天文算学系开出的天文课程有普通天文、实用天文。建有天文台两座，一个叫泽溥观象台，一个叫寿龄观象台，分装 4 英寸折光望远镜和 10 英寸反光望远镜。

1932 年王锡恩逝世，英人裴礼伯（E. L. Phillips）接任系主任。他是剑桥大学数学学士，不习天文，乃于 1932—1933 年期间回剑桥大学进修天文，回校承担天文课程。1936 年，中国天文学会第十四届年会在青岛召开，裴礼伯代表天文算学系到会作了介绍天文算学系情况的报告。1937 年他再度回英进修天文，因抗战开始，一直未再回校。

1937 年"七七事变"，日寇大举入侵，济南很快沦陷。齐鲁大学西迁成都，于 1938 年借华西协合大学校址复课，天文课程因无教师而停开，只有当时在华西大学任教的李珩教授不定期地举办天文讲座。此时在济南本校，有一位 1936 年毕业于天文算学系并留校任教的程廷芳仍在坚持天文工作。他每日定时进行太阳黑子观测，直到 1941 年太平洋战争爆发，日军强占齐大校舍，才被迫停止。在侵略者铁蹄之下的险恶环境中，程廷芳坚持科学工作，观测记录了大量有价值的资料，这种精神确属难能可贵。他后来一直从事天文教育工作，为培养天文人才贡献良多，终因积劳成疾，于 1968 年过早逝世。



抗战胜利后，齐鲁大学迁回济南，程廷芳返校工作，天文算学系的天文课程得以恢复。由于国民党发动内战，我国教育事业日趋衰败，齐鲁大学自难例外，天文算学系的教学工作未有多大发展，到中华人民共和国成立后才有了起色。

二、天文算学系的教学工作

天文算学系不分数学、天文专业，学生均需必修数学和天文。课程设置以数学为主；另外，物理课规定至少修满 12 学分，若天文课因故停开，也必须以物理课代替；天文课程则相对较少，只有普通天文、实用天文、球面天文，没有天体物理方面的课程。这是因为，一个天文工作者必须有坚实的数学、物理基础，另一方面也缺乏天文师资（不同时期，都只有一位专长天文的教师）。1943 年《教育部立案私立齐鲁大学一览》中所列该系课程为：国文 6 学分，外文 6 学分，中国通史 6 学分，社会科学 6 学分，天文学 18 学分，物理 10 学分，微积分 6 学分，高等微积分 6 学分，微分方程 3 学分，射影几何 3 学分，微分几何 3 学分，方程式论 3 学分，高等解析几何 6 学分，近世代数 6 学分，复变函数 3 学分，理论力学 6 学分，第二外文 12 学分。选修课二三十学分也以数学课为主。40 年代以来，该系大体上按上述规定开设课程，对学生的数学和物理训练尚称完备。50 年代初，为适应气象人才的需求，又增设了气象课如普通气象、天气预报、动力气象等。那时入学的学生毕业后大部分从事气象工作。

齐鲁大学的办学重点是 7 年制的医学院，堪称国内一流；其国学研究所也有过辉煌的历史；天文算学系虽是该校一大特色，却未获重视，师资力量不很雄厚。值得提出的是，1948 年，在教会操纵下，为逃避解放，该校文理学院南迁杭州云栖寺。孰知因祸得福，借地利之便，聘请了数学泰斗著名的教育家苏步青和陈建功教授来校兼课。学子们得以师从名家，眼界大为开阔，虽仅受业一年而学识颇有长进，对他们一生事业都有重要影响。



天文算学系的学生历来不多，1938 年毕业生仅 1 人，1940 年度全系仅 3 人，其中一年级 2 人，四年级 1 人。1946 年后略有增加，该年度新生 12 人，1947 年招生 6 人。1952 年停办时，毕业生 3 人（包括三年级提前毕业 2 人），一二年级总共不过十数人。早期毕业生中只有两人从事天文工作，除前述程廷芳外，有一位伍瑶斋曾在中山大学数学天文系工作。这一情况显然是因为旧中国天文事业落后，人才需求甚少造成的。随着新中国天文事业的飞速发展，该系后期的学生才有几位稳定在天文工作岗位上。

齐鲁大学天文算学系在培养人才和开展学术研究上是不如中山大学天文系的，但毕竟开风气之先，率先在国内举办天文教育，功绩不可抹杀。



第三节　中山大学天文系

一、中山大学及其天文系的创建

中山大学是一所历史悠久的著名大学，对中国社会和中华民族的发展作出了宝贵贡献。它的教育、教学和科学研究在全国高等学校中有相当的地位，特别对华南地区的学术发展和人才培养产生了重大影响。

1924年，中国民族、民主革命的伟大先行者孙中山先生，为了培育革命的军事、政治干部和学术人才，在创办黄埔军校的同时，创办了广东大学。广东大学由原来的广东高等师范学校、广东法科大学、广东农业专门学校组成。一年后又将广东医科大学并入。1925年，孙中山逝世，经廖仲恺提议，为纪念中山先生，广东大学改名中山大学。

孙中山对广东大学寄予很大期望。他亲临广东大学成立典礼讲话，勉励学生"读书不忘革命，革命不忘读书"，"将来革命就靠你们"；亲笔撰写校训："博学审问慎思明辨笃行"。1924年2月起，直到他北上参加国民会议为止，每周六下午到校讲演三民主义。当时，正值国共第一次合作，中国共产党也非常重视广东大学，不少领导人曾到校讲课、演说和指导学生运动。毛泽东于1925年8月到广东大学附中演讲《农工政策》；周恩来于1926年4月12日到校演讲《国民革命当中之工农运动与学生运动》；刘少奇、肖楚女都曾到校讲演；恽代英、陈延年曾参加和指导广东大学的共产党、共青团的活动。1927年3月，改名中山大学后的第一次开学典礼上，时任教务主任和文学系主任的鲁迅做了《读书与革命》的重要演说，全面而深入地阐发了孙中山倡导的"读书不忘革命，革命不忘读书"的精神。革命前辈们在广东大学和中山大学播下了革命的火种，使中山大学成为一所具有光荣革命历史和传统的学府。



中山大学成立之初，设文、理、法、农、医等科，共16个学系。属理科的数学系增开天文课程改为数学天文系。1947年，天文系分出独立。留学法国学习天文的张云于1926年8月到校承担天文课程。他积极主张建筑天文台，在校方的支持下，于1929年建成。是我国国立大学中最早建立的天文教学、观测和科学研究基地。1933年春，中山大学在广州石牌兴建新校园，于1935年完成一、二期工程。校园之大空前绝后，占地有800多公顷。天文台随校搬迁，在新校园东北隅重建新台，占地3公顷，于1937年完工。台内有口径6cm子午仪、20cm反射望远镜、15.5cm折射望远镜、天文钟等。新台甫告建成，日寇即大举侵华，中山大学被迫初

迁广东罗定,再迁云南澂江,又迁粤北坪石。胜利前夕,日军逼近坪石,全校又分散至广东东江各地和连县。8 年中辗转千里,颠沛流离,图书、仪器损失惨重,天文台自难例外。抗战胜利后学校回到广州,天文台才得以开展工作。

二、天文系的教学和科学研究

中山大学数学天文系从三年级开始分为数学组和天文组。主要天文课程有普通天文、高等天文、高等天文实习、天体物理、日月食专论等。天文组学生所受数学训练与数学组相比并不薄弱多少。另外,还必修一些物理课。历来攻读天文的学生不多,除毕业后的出路不广以外,课程太重令人望而生畏,恐怕也是原因之一。设备较全的天文台为学生提供了实习和观测的条件,提高了技能,使学生不仅在理论上,在实际动手方面也得到良好训练,保证了较高的教学质量。

数学天文系天文组和天文台的学术研究非常活跃。1930 年 2 月创刊《国立中山大学天文台两月刊》,出版到第 7 卷第 6 期,1936 年 12 月停刊。刊物内容除论文外,有太阳黑子观测记录,中国天文学会变星观测委员会报告,天文界消息以及广州天气情况等。该刊是我国三四十年代仅有的 3 种天文学术刊物之一,历史上是有一定影响的。以一组、一台(两者实为一体)之力而能坚持办刊 7 年之久,足以证明他们在学术研究上的勤奋和努力。其学术工作除理论研究外,主要的学术观测有:

(1)自 1930 年 3 月起,用 13.5cm 折射望远镜观测太阳黑子,按月在《国立中山大学天文台两月刊》上刊登观测结果。

(2)1930 年 3 月起,用 15.2cm 的赤道仪常年坚持观测变星,至 1937 年底为止共观测 3 449 次。还进行长周期变星光度增减的预报,先期在《两月刊》上公布。对造父变星也进行专门观测。变星的观测记录都发表在《两月刊》中。

(3)1933 年,参加第二次万国经度测量。除第一次参加过的青岛观象台以外,我国只有中山大学天文台加入这次国际合作的联合测量。测得该台的经度为东经 $113°15'32''.25\pm0''.30$。工作详情由邹仪新写成《中山大学天文台参加万国经度测量报告》一文,刊于《两月刊》第 5 卷第 2 期。

(4)为观测 1936 年的日全食,我国组织了两个观测队,一队赴日本北海道,一队赴苏联伯力。中山大学数学天文系的邹仪新参加了赴日观测队,观测圆满成功。另一队因伯力天阴而未成功。1941 年 9 月 21 日的日全食,食带经过青、甘、陕、鄂、赣、闽、浙等省,我国组织西北、东南两队进行观测。数学天文系的张云和邹仪新参加东南队,赴福建崇安观测,因天阴未能观测。



三、天文系的师资队伍

中大数学天文系的天文师资力量相当雄厚，先后任教的有张云、赵进义、赵却民、叶述武、邹仪新、容寿铿等。

赵却民教授，湖南人，湖南雅礼大学毕业后，任教上海沪江大学，后去伦敦大学学习天文，获硕士学位。回国后即到中山大学数学天文系任教授，此后毕生在天文教育岗位上辛勤耕耘。1952 年，到南京大学天文系任系主任。该系初创阶段，图书、仪器极缺，人员很少，仅有 7 位教师(教授、副教授、讲师各 1，助教 4)和一位技术人员，可谓百废待兴，困难重重。在学校领导大力扶持下，该系终于发展壮大起来，赵却民为之付出了巨大的精力。他到系不久，深感天体物理是天文学的主要分支，而该系恰恰缺乏这一领域的专家，经多方努力，争取到戴文赛从北京大学调来南京大学，并力荐他接任系主任。这种不计个人名位，一切从事业出发，顾全大局的精神，深深感染了系内同事。老一辈学者，不仅在学识上，更在道德情操上，熏陶培育了年青一代，这是后人不能忘记的。赵却民教授于 1982 年因病逝世。

在中山大学天文系的历史上，张云是一位重要的关键人士。他出生于广东开平，1920 年毕业于武汉高等师范学校，被选派到法国里昂大学留学，以造父变星的统计研究获博士学位。1926 年回国，到中山大学数学天文系任教授、系主任，并两度任中山大学校长。教学之余，他主要从事变星研究，在食变星、物理变星的测光、造父变星的统计及脉动理论的研究上发表过 10 多篇论文。著有《普通天文》、《高等天文》，用做教材。出版《天文学讲话》、《地球》、《月球》等科普著作。中华人民共和国成立后，他定居香港，1958 年病逝。中山大学数学天文系天文组和以后的天文系以及中山大学天文台都是在他主持下建立的，是中国天文界很有影响的一代学人。



中山大学天文系是中华人民共和国成立前中国培育天文人才的主要基地，学术研究也很有成绩，是当时天文界的一支重要力量。如前所述，除老一辈天文学家外，参与创建新中国天文事业的有一支中坚力量，其中大部分是该系后期的学生，该系的贡献不言自明。

第四节　中国近代天文教育的先驱——王锡恩

王锡恩，字泽溥，山东益都(今青州市)人，约于 1871 年生。他从 1917 年齐鲁大学天文算学系成立时即任系主任，直到 1932 年去世，历时 15 年之久。是中国近

代从事天文教育的第一人。

王锡恩幼时从父学习天文,入文会馆后又从赫士学天文。1893 年在文会馆理科十五班毕业后,留馆任教习。1901 年被聘为山东高等学堂教习。广文学堂成立后,又任该学堂教授,讲授天文和物理课,直至齐鲁大学成立。

在齐鲁大学天文算学系,王锡恩一人承担全部天文课程,还要讲授一些物理课。他工作勤奋,诲人不倦,晚年患严重肾病,仍坚持在家中授课。在治学上,他善于结合教学实际,博采众长,努力创新。一生著述甚丰,有《实用天文学》、《绘图日食算法》、《绘图月食算法》、《绘图月掩星算法》、《绘图水星过日算法》、《勾股演代》、《图解三角术》、《物理微积学》、《无线电学》等。其中,《实用天文学》出版于 1925 年,是国内第一本较有分量的天文专著。在实践中,他深感通行的白塞尔(Bessel)日食计算法过于繁杂,既不利于实际工作,又难以为学生快速领会掌握。经潜心研究,发明了新的方法,写成《绘图日食算法》出版。此法使日食计算大为简洁明了,计算结果也比旧法精密,得到中外天文界的称颂。

从现有史料中看,王锡恩很少与其他天文学家联系和参加天文界的活动。他没有借教会之力而放洋留学(这在当时,机会是很多的),是一位只知埋头教书和著述的土生土长的学者。又因去世较早,未能发挥更大的影响,其事迹几乎湮没。但是,中国最早从事天文教育的是他,在培育人才和学术研究上,开风气之先,称之为中国近代天文教育事业的先驱是不为过的。





参考文献

[1] 中国天文学整理研究小组.中国天文学史.北京:科学出版社,1981.241～247.

[2] 中国天文学史简史编写组.中国天文学简史.天津:天津科学技术出版社,1979.154～183.

[3] 陈遵妫.中国天文学史(第四册).上海:上海人民出版社,1982.

[4] 中国天文学会.宇宙(第一卷至第四卷).南京:中华民国邮务局,1930—1934.

[5] 中国天文学史文集编辑组.中国天文学史文集(第一集至第四集).北京:科学出版社,1986.

[6] 郑文光.中国天文学源流.北京:科学出版社,1979.172～249.

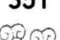
[7] 中国天文学会.中国天文学在前进(1922—1982年).南京:1982.

[8] 福建省政协文史资料委员会.天文之星——福建省著名天文学家.福州:福建科学技术出版社,1992.

[9] 佘山观象台.佘山观象台年刊(第一卷至第十九卷).1907—1936.

[10] 中国天文学会.中国天文学会一览.1934年3月初版,1939年11月再版

[11] 云南天文台.云南天文台台刊.1979(2).



总　跋

《中国天文学史大系》(以下简称《大系》)的研究和编著计划，创意于20世纪70年代末80年代初。

早在20世纪70年代后期，在中国科学院的直接领导下，组织一个中国天文学史整理研究小组，小组的成员分别来自北京天文台、紫金山天文台、南京大学天文系、北京天文馆和自然科学史研究所。这个小组的主要任务是编著一部《中国天文学史》。为了把天文学史的整理研究工作引向深入，小组还编辑了《中国天文学史文集》(1～3辑，科学出版社出版于1978、1981和1984年)、《科技史文集·天文学史专集》(1～4辑，上海科学技术出版社出版于1978、1980、1983和1992年)①。

1978年，《中国天文学史》书稿编著完成，交付科学出版社出版。当此之时，中国天文学史整理研究小组的同志们觉得历史上遗留下来的中国天文学史资料浩如烟海；中国天文学的历史发展也极其丰富多彩，既是整个中国文化史上一个富有特色的部分，也是世界科学史上一个极具魅力的部分。已经完成的《中国天文学史》一书虽然达到了一定的深度，在当代中国天文学史众多的出版物中是一部具有较强学术性的综合性专著。但是，总的说来，该书作者们认为，限于篇幅，也限于时间和条件，许多问题总觉得言犹未尽，全书的规模也不能与真实历史的瑰丽多姿相匹配。为此，自1979年起，人们开始思索：是否有可能编著一部与中国天文学的悠久历史和广阔内涵相适应的中国天文学史著作？商议的结果便是《大系》构想的诞生。时在1979年冬。

以后，此构想在全国天文学史界用多种方式征询意见，获得全国天文学界同行的鼓励和支持，构想日渐成熟。

1983年4月，中国天文学史整理研究小组解散，但为了部署今后的中国天文学史研究工作，中国科学院原数理学部在宣布解散该小组的同时，召开了《大系》的工作会议。会上确定了整个《大系》有16个子项目，这些子项目由7个归口单位分工负责。同时确定了以中国科学院自然科学史研究所为主编会议的召集单位。

此后，由于种种原因，主编会议虽开过多次，但核心的问题——科研经费一事

① 第4辑编成于1984年，时中国天文学史整理研究小组已经解散，只因出版社为了保持一定的连续性，编者的名字不宜改得太突然，故仍使用了该小组的落款。至于到1992年始克出版，这是由于种种复杂而可理解的原因所致，在此不赘。



却始终无法解决。因此，工作始终无法具体落实。这中间虽曾获得一笔国家自然科学基金会的资助，但数额极其有限，整个《大系》工作，仍无法启动。

时间一晃，过了7年，此时得到了两个意外的支持。其一，由于学术界老前辈、自然科学史界的泰斗之一——钱临照院士的关怀和过问，中国天文学界的老前辈王绶琯院士、叶叔华院士的鼎力支持，中国科学院数理化学局给予了经费支持，同时，该局的天文处通过天文委员会的同意也提供了部分经费。《大系》由此得到了启动的科研经费。其二，河北科学技术出版社在省新闻出版局领导的支持下，积极支持大型的、有重大科学意义的著作出版。他们知道了《大系》的编著计划后即向省新闻出版局申请了一笔专项出版基金，总数达70万元之巨。《大系》的著述计划得到了这两项强有力的支持后，遂于1990年秋，在北京召开了工作会议，重新调整的子项目为15个(原定16个子项目的负责人中已有一位英年早逝，一位患中风，无力再承担繁重的工作)，组织起新的工作机构班子，于1991年经费到位后开始工作。

整个计划原定1993年完成，1995年书出齐，但由于种种复杂的原因，直到1997年7月编著工作才基本结束，这中间还包括了两项子课题的调整精减。最终完成的是一部13个子课题的《大系》。当然，作为一件科学作品而言，主持人总觉得有所缺憾，有所不满足。但是，既然主客观条件只能允许做到现在这样的程度，那么，我们也只能实事求是地来承认这个事实，并从客观现实的情况出发来评价这个事实。

第一，《大系》是迄今为止中国天文学史著作中部头最大的一部，其所涉及的深度和广度有许多都超过了以往的有关作品。例如，《中国少数民族天文学史》、《中国古代天文机构与天文教育》、《中国古代天文学词典》等，这些卷的内容过去从未有过完整而系统的研究和著述。这是《大系》的特有产品①。



第二，《大系》中其他各卷的内容或多或少，都有前贤们作过探究，但这次聘任的有关各卷主编，均系对各自的课题有过长期研究，多有心得的。在《大系》中他们都作出了最大的努力，即使如古代天文学思想、历法等这类古老的课题，也都有大量超乎前人的发现。至如星占术这一课题，自20世纪80年代以来受到著述家的诸多偏爱。但究其竟，大多为非天文学家的作品，对星占术的研究往往只限于社会学、历史学方面的考虑，而对星占术本身的来龙去脉、结构、原理往往无暇涉及。《大系》中的《中国古代星占学》则弥补了以往学术界的不足，深入到星占术本身的深层结构，剖析了星占术本身的发生、发展和结构、原理，从而为这一方面的研究向学术界提供了一个可靠的基础。又如，关于中国近现代天文学史，过去著述极少，只有以往陈展云、陈遵妫两位天文学界前辈曾作系统的著述。但陈展云先生的作

① “天文机构与天文教育”卷是最早交稿的(1994年)，此后，我们发现在台北市出版了一部讨论天文机构，主要是中央机构的专著。但是，有关天文教育的内容仍未见有系统性的专著问世。

品是内部出版物，传世极其稀少，今已难见到。陈遵妫先生则是在其专著《中国天文学史》第四册辟有第十篇共 9 章 17 万余字来论述这一课题。陈先生是中国现代天文学发展的亲身参加者，其文多有珍贵史料。但无可讳言，其中也有若干出自回忆和传闻。待考之处，在所难免。《大系》中这一课题的主编苗永宽先生，学风极其严谨，断事行文每每必据可靠之档案文献，不可靠的传闻则必摒弃。故其总的篇幅或虽稍少于陈遵妫先生之书，但也每多可以引为参考，或补陈书所不足。至若《大系》其他各卷之长处，读者明智，自有鉴别，也勿庸我们多饶舌自夸。

第三，如同任何事物一样，《大系》自然也是一分为二的。由于种种原因，《大系》还有各种不足。首先，取消了两个子课题，这样一来，"中国天文学史导论"卷的删除，使《大系》缺少了一个总的理论框架和经验总结，并且原定的"中国天文学的起源"和"中国天文学在国外"两卷，也因故而取消，这是非常可惜的事。至于另一个子课题"中国天文文献史料学"一卷，则是属锦上添花的工作，它的被删除虽也有点可惜，但好在整个《大系》已是花团锦簇，暂缺这一项留待他日补裁也不为大害。

其次，由于本人才疏学浅，加之 20 世纪 90 年代以来又复疾病缠身，故对《大系》之学术编辑和加工的力量极其不足，于是许多卷的学术编辑加工仍只得依靠各位主编本身，致使这部由数十人参加编纂的巨著，总不免有互相抵牾各卷中疏漏差错之处也有多寡不等的存在。虽然这一切可以诿之于文责自负，但却给读者带来一些困惑和烦恼。这是作为我本人主其事者所最为不安于心的。在此我们不敢企求读者的原谅，而只是希望读者能严肃而具体地予以批评。这对我们固然是巨大的帮助，而且对整个中国天文学史的工作也是一种促进和帮助。

可以理解的是：像《大系》这样规模巨大的科研、著述工程，自始至终必须有许多单位和个人的大力支持，始克有成。虽然开列一份感谢的名单将会非常困难，但我们总觉得不见诸笔端，内心感到不安，特别有许多老同志，已退休有年，但他们的支持我们是绝不能忘怀的。

为《大系》提供研究经费的单位有：中国国家自然科学基金会；中国科学院数理化学局及天文处；中国科学院天文委员会；中国科学院自然科学史研究所。

在为《大系》争取或提供科研、著述经费活动中发挥了重大作用的个人有：

钱临照、叶叔华、王绶琯、钱文藻、李满园、刘佩华、王宜、苏洪钧、汪克敏、汲培文。

《大系》是一项由多系统、多单位参加的大型科研项目。这其间必然涉及大量复杂的科研组织、管理和协调工作，没有这些复杂的工作，《大系》的开展并完成是不可能的。就这一方面而言，《大系》始终依靠着中国科学院原数理学部和改革后的数理化学局的领导。而在早期，数理化学部则是通过天文处来进行领导工作的。



其间天文处先后有李荣竞、唐廷友、沈海璋、王宜等为《大系》做过许多工作①。尤其是王宜，可谓伴随《大系》立项的始终，为《大系》的组织协调和经费支持，对上下左右做了大量工作，为《大系》排除了许多我们力所不能及的障碍和困难。

20世纪90年代数理化学局的李满园、刘佩华对《大系》作了全力的支持，经过他们的努力，《大系》项目成为中国科学院的一项重点科研项目。他们二位加上王宜和陈美东组成了《大系》工作的协调委员会。

1983年以后，经数理学部委任，自然科学史研究所成为《大系》主编会议的召集单位，90年代以后，自然科学史研究所又是编委会主任的所在单位，因此，《大系》作为中国科学院的重点科研项目，自必成了自然科学史研究所历任所长和业务处长议事日程上经常要考虑、研究，并为之解决各种繁杂问题的一件大事。

对《大系》工作予以特别支持的历任所长是席泽宗、陈美东、廖克。其中前二位又是《大系》主编会议成员，他们作为主人，为《大系》出力是当然的。不过，必须指出的是，席泽宗在20世纪80年代曾作为主编会议的召集人，为《大系》工作的开展贡献了他自己的力量。陈美东为关键的90年代初的《大系》经费的获得作出了重要贡献。他还是数理化学局组织的监督《大系》经费使用的4人协调委员会成员之一。廖克则对《大系》给予了精神支持，在因各方面的原因使《大系》进度不及原计划时，他给予了理解和鼓励，使我这个项目主持人得以有勇气继续干到底。

自然科学史研究所的历任业务处处长、副处长黄炜、范楚玉、李家明、周嘉华、朱冰对《大系》给予了多方面的支持。吴晓峰也为《大系》后期的经费和上下协调工作方面作出了很多贡献。

至于其他许多有关单位的领导和个人的支持，我们在各卷的主编前言中都可以看到，我们在此也向他们一总致以深切的感谢。没有他们的支持和帮助，《大系》也是不可能完成的。



好了，书归正传，请明智的读者自己来阅读《大系》的正文，如果它能使您感到有所得，那是我们无上的荣光和欣喜；如果它使您感到有所失，那是我们最大的遗憾和不安。我们真诚地请求您给予严格的批评和指教。

《中国天文学史大系》编委会主任　薄树人

1997年7月于病榻上

① 上溯到1983年以前，中国天文学史整理研究小组的日常管理和领导工作，由数理学部委托北京天文台代管。因此，当时有关的北京天文台的领导，尤其是负责业务领导的副台长洪斯溢，也曾为《大系》计划的形成和宣传贡献过他们的心力。

补　记

薄树人先生的"总跋"是1997年于病榻上写成的。就在其后的两个月,他便走完了人生的最后里程,离我们远去,"总跋"竟成了一曲令人心碎的绝唱。它真实地记录了《中国天文学史大系》(以下简称《大系》)从提出设想到基本完稿的艰辛历程,也寄托了期待《大系》早日出版的殷切希望。

《大系》完全定稿的时间大约是1999年,我们这些还活着的参与者本以为可以顺利出版了,不曾想原来承诺出版《大系》的出版社因故将出版之事一拖再拖,期间,我们期待、焦虑、苦闷之情,难以言表。2006年7月,该出版社以退稿的方式中止了出版合同,这不啻是对我们的致命打击。面对困境,大家合力,起而求生,先后联系七八家出版社,可惜均无果而终。

时光流逝,2006年11月终于迎来柳暗花明的时节。中国科学院自然科学史研究所廖育群所长到昆明开会,遇到中国科学技术出版社副社长吕建华先生,细细谈及了《大系》之事,吕先生对《大系》表示了很大的兴趣,愿意尽快研究出版的事;几乎与此同时,安徽教育出版社的杨多文先生到广州出差,向广东教育出版社副社长陈兵先生介绍了《大系》之事,陈先生也表示了很大兴趣,说可以考虑出版问题。我们对两家出版社怀有同样的感激之情。吕、陈两位都是基于《大系》乃是一个重要学术领域的原创之作的认识和出版社理当出版高水平学术著作的理念而作出判断的,这是出版家所独具的眼光和胸襟。他们对学术的推崇、他们的热情,给人以清新的气息,令人欣喜。

随后的发展,可以说是中国科学技术出版社和广东教育出版社之间的君子之争,这是大家都始料未及的。从出版意愿到完成全部选题审批的程序,两家都需要时间。此外,出版《大系》需要有较大的经费投入,对此必须有所筹措,而从经济实力上看,中国科学技术出版社不占优势。应该说,从办事的节奏上看,中国科学技术出版社要稍稍快一些,这给我们留下深刻的印象。2007年2月,中国科学技术出版社吕副社长与许英副总编率先正式提出了出版《大系》的具体而可行的设想。在征求了王绶琯院士及《大系》大部分作者的意见后,主要基于方便出版具体事项操作的考虑,我们选择了在北京的中国科学技术出版社,而对广东教育出版社表达了深深的敬意。

《大系》由中国科学技术出版社出版之事,得到了国家新闻出版总署有关部门



领导的赞许，他们表示：如果书号有困难，可以向他们申请。《大系》中的《中国古代历法》、《中国古代天文学思想》与《中国古代星占学》3卷很快被选入《中国文库》第三辑。中国科学院国家天文台、中国科学院自然科学史研究所与广州市教育局还愿意继续执行当年购书的允诺。这些都是令人鼓舞的好消息。

自2007年3月开始，《大系》在中国科学技术出版社进入了紧张有序的出版作业，多年修就的善果贡献给读者的时日可待。我们需要感谢的各界贤达，除了薄先生在“总跋”中已提及者之外，自然还应包括上述诸位。

陈美东

2007年6月于北京



